

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Кибернетики

Направление подготовки (специальность) 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Кафедра «Автоматизация и роботизация в машиностроении»

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Разработка мобильного учебного стенда для моделирования и демонстрации несоосности валов машин
УДК 621.824:378.162.3:621.77

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Н21	Трифонов Михаил Юрьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сикора Е.А.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. Менеджмент	Николаенко В.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Пустовойтова М.И.	к.х.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой	Буханченко С.Е.	к.т.н.		

Томск – 2016г.

## Результаты обучения

по основной образовательной программе подготовки бакалавров

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Код	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Универсальные		
P1	Демонстрировать уважительное и бережное отношение к историческому наследию, накопленным гуманистическим ценностям и культурным традициям Российской Федерации, а также понимать современные тенденции отечественной и зарубежной культуры	Требования ФГОС (ОК-11, ОК-12, ОК-13, ОК-14);  Критерий 5 АИОР (п.2.1, 2.12, 2.13), согласованный с требованиями EUR-ACE и FEANI
P2	Понимать и следовать законам демократического развития страны, осознавая свои права и обязанности, при этом умело используя правовые документы в своей деятельности, а также демонстрировать готовность и стремление к совершенствованию и развитию общества на принципах гуманизма, свободы и демократии	Требования ФГОС (ОК-5, ОК-14, ОК-15);  Критерий 5 АИОР (п.2.14), согласованный с требованиями EUR-ACE и FEANI
P3	Осознавать социальную значимость своей будущей профессии и стремиться к саморазвитию, повышению квалификации и мастерства, владея при этом средствами самостоятельного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-21, ПК-45);  Критерий 5 АИОР (п.2.16), согласованный с требованиями EUR-ACE и FEANI
P4	Обобщать, анализировать и систематизировать информацию, знать основные методы, способы и	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-

	средства ее получения, хранения и переработки, демонстрируя при этом навыки работы с компьютером, традиционными носителями информации, распределенными базами знаний, в том числе размещенных в глобальных компьютерных сетях	16, ОК-17, ОК-18, ПК-45);  Критерий 5 АИОР (п.2.8), согласованный с требованиями EUR-ACE и FEANI
P5	Владеть деловой, публичной и научной речью, как на русском, так и иностранном языках, демонстрируя при этом навыки создания и редактирования профессиональных текстов с учетом логики рассуждений и высказываний	Требования ФГОС (ОК-2, ОК-19);  Критерий 5 АИОР (п.2.13), согласованный с требованиями EUR-ACE и FEANI
P6	Находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и быть готовым нести за них ответственность при работе в коллективе, взаимодействуя с его членами на основе принятых в обществе моральных и правовых норм, проявляя уважение к людям, толерантность к другой культуре	Требования ФГОС (ОК-3, ОК-4, ПК-38);  Критерий 5 АИОР (п.2.4, п.2.11), согласованный с требованиями EUR-ACE и FEANI
P7	Обладать необходимым комплексом знаний в области естественных, социальных, экономических, гуманитарных наук, использовать законы и методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Требования ФГОС (ОК-9, ОК-10);  Критерий 5 АИОР (п.2.1.), согласованный с требованиями EUR-ACE и FEANI
Профессиональные		
P8	Разрабатывать, осваивать на практике и совершенствовать средства технологического оснащения, технологии, системы и средства автоматизации машиностроительных производств при организации серийного и массового выпуска изделий различного назначения	Требования ФГОС (ПК-9, ПК-10, ПК-20, ПК-26);  Критерий 5 АИОР (п.2.1, п.2.2), согласованный с требованиями EUR-ACE и FEANI

P9	Уметь осуществлять выбор необходимых материалов, оборудования, технологической оснастки, инструмента, средств автоматизации, программного обеспечения, технологии для проектирования, изготовления и испытания машиностроительной продукции	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-12, ПК-23, ПК-39, ПК-52, ПК-54);  Критерий 5 АИОР (п.2.10), согласованный с требованиями EUR-ACE и FEANI
P10	Владеть методами моделирования и проектирования производственных процессов, объектов и продукции машиностроительного производства с использованием современных информационных технологий и программного обеспечения мирового уровня	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-5, ПК-11, ПК-18, ПК-19, ПК-46, ПК-48);  Критерий 5 АИОР (п.2.8), согласованный с требованиями EUR-ACE и FEANI
P11	Уметь разрабатывать и внедрять технологические процессы изготовления машиностроительной продукции, основываясь на основных закономерностях, действующих в процессе ее изготовления с использованием современных информационных технологий	Требования ФГОС (ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-27, ПК-30, ПК-35, ПК-40, ПК-53, ПК-55);  Критерий 5 АИОР (), согласованный с требованиями EUR-ACE и FEANI
P12	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда при изготовлении машиностроительной продукции	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-16, ПК-22, ПК-41);  Критерий 5 АИОР (п.2.3, п.2.7, п.2.9), согласованный с требованиями EUR-ACE и FEANI
P13	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных	Требования ФГОС (ПК-20, ПК-36);

	технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов	Критерий 5 АИОР (п.2.14), согласованный с требованиями EUR-ACE и FEANI
P14	Проводить испытания и диагностику состояния и динамики объектов машиностроительных производств, определять физико-механические свойства и технологические показатели материалов и готовых изделий с использованием методов, методик и средств программного анализа	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-17, ПК-28, ПК-47, ПК-49); Критерий 5 АИОР (п.2.1, п.2.2, п.2.5), согласованный с требованиями EUR-ACE и FEANI
P15	Уметь разрабатывать проектную и техническую документацию по установленным формам, являющейся неотъемлемой частью всех этапов жизненного цикла изделий, а также выполнять составление отчетов по результатам производственных испытаний и научных исследований	Требования ФГОС (ПК-13, ПК-14, ПК-34, ПК-43, ПК-50); Критерий 5 АИОР (п.2.2, п.2.5), согласованный с требованиями EUR-ACE и FEANI
P16	Уметь осуществлять мероприятия по организации эффективного контроля качества материалов, технологических процессов, средств измерения и готовой машиностроительной продукции в соответствии с требованиями регламентирующей документации	Требования ФГОС (ПК-15, ПК-24, ПК-29, ПК-31, ПК-32); Критерий 5 АИОР (п.2.13), согласованный с требованиями EUR-ACE и FEANI

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики

Направление подготовки (специальность) 151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Кафедра «Автоматизация и роботизация в машиностроении»

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой АРМ ИК

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_ (Дата)      Буханченко С.Е.  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8Н21	Трифонов Михаил Юрьевич

Тема работы:

Разработка мобильного учебного стенда для моделирования и демонстрации несоосности валов машин

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

29.05.2016

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

**1. Состав стенда:**

- рама;
- двигатель асинхронный (далее двигатель);
- агрегат прицентровываемый;
- муфта;
- регулировочный набор (шайбы самоустанавливающиеся домкратного типа, подкладки).

**2. Характеристики двигателя:**

- мощность не менее 0,8 кВт;
- частота вращения не менее 1500 об/мин.

**3. Габариты стенда не более 1000 x 300 x 300 мм.**

**4. Обеспечить возможность демонстрации угловой, радиальной и комбинированной**

	<p>несоосности валов машин.</p> <p>5. Обеспечить беспрепятственного проведения измерений несоосности при помощи индикаторов часового типа на расстоянии от оси вращения не менее 100 мм.</p> <p>6. Обеспечить места установки датчиков вибрации типа АС102-1А (диаметр – 21 мм, длина без разъема – 54 мм) в плоскостях подшипников в трех взаимно перпендикулярных направлениях.</p> <p>7. Обеспечить возможность регулировки положения опорных точек двигателя для регулировки величины и типа несоосности.</p>										
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Обзор существующих аналогов, исследование методов определения и контроля несоосностей валов, разработка конструкции стенда (эскизное проектирование), выбор источника движения, разработка способа регулировки положения опорных точек источника движения.</p>										
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1. Чертеж общий (СБ) – 1 л. (А3)</p> <p>2. Спецификация – 1 л. (А4)</p> <p>3. Чертеж детали – 1 л. (А4)</p> <p>4. Технологическая карта – 4 л. (А4)</p> <p>5. Карта наладки – 1 л. (А3)</p>										
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p> <table><tr><td><b>Раздел</b></td><td><b>Консультант</b></td></tr><tr><td><b>Конструкторский</b></td><td>Сотников Н.Н.</td></tr><tr><td><b>Технологический</b></td><td>Пушкаренко А.Б.</td></tr><tr><td><b>БЖД</b></td><td></td></tr><tr><td><b>Экономическая часть</b></td><td></td></tr></table>		<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>	<b>Конструкторский</b>	Сотников Н.Н.	<b>Технологический</b>	Пушкаренко А.Б.	<b>БЖД</b>		<b>Экономическая часть</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>										
<b>Конструкторский</b>	Сотников Н.Н.										
<b>Технологический</b>	Пушкаренко А.Б.										
<b>БЖД</b>											
<b>Экономическая часть</b>											
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p> <table><tr><td></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td></td></tr></table>											

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.09.2015
--	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сикора Евгений Александрович	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Н21	Трифонов Михаил Юрьевич		

### **Аннотация**

Работа посвящена проектированию стенда по демонстрации несоосности валов. В работе рассматриваются представленные на рынке аналоги, подбираются стандартные компоненты и проводятся прочностные расчеты. Проводится анализ конкурентоспособности и оценивается возможность серийного производства, так же затрагиваются вопросы социальной ответственности.

### **Реферат**

Выпускная квалификационная работа 78 с., 28 рис., 12 табл., 15 источников, 1 прил.

Ключевые слова: ВИБРОДИАГНОСТИКА, ЦЕНТРОВКА, БАЛАНСИРОВКА, СТЕНД, ОБУЧЕНИЕ.

Объектом исследования является центровка и диагностика несоосности валов машин.

Цель проектирования - расширение тематик работ проводимых на учебном стенде по центровке за счет использования гидравлического насоса.

В процессе исследования проводился обзор аналогов, подбор стандартных комплектующих, проектирование уникальных деталей, анализ конкурентоспособности изделия.

В результате исследования и работы получен стенд для демонстрации всех видов несоосности, а так же для проведения обучения дополнительным тематикам. Реализована возможность регулировки положения опор двигателя несколькими способами, в отличие от представленных на рынке решений.

Основные конструктивные и технико-эксплуатационные характеристики:

габаритные размеры 300 мм – ширина, 400 мм – высота, 600 мм – длина стенда.

изменение частоты вращения электродвигателя от 500 об/мин до 1350 об/мин для диагностики дефектов при разных частотах.

Область применения: изделие для обучения и повышения квалификации персонала могут использовать лаборатории и кафедры высших учебных заведений, сервисные и учебные центры, крупные машиностроительные компании.



## **Нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 1759.4-87 – Болты, винты и шпильки. Механические свойства и методы испытаний.
2. ГОСТ 2590-71 – Прокат стальной горячекатаный круглый.
3. ГОСТ 3.1107-81 – Единая система технологической документации. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения.
4. ГОСТ 21495-76 – Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения.
5. ГОСТ 3.1109-82 – Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий.
6. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. – Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Изменением N 1).
7. ГОСТ 12.1.004 ССБТ. – Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1).
8. ГОСТ 12.1.010–76 – Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования.
9. ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00 – Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.
10. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 – Гигиенические требования.
11. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 – Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки.
12. СН 2.2.4/2.1.8.556–96 – Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.

## Оглавление

Введение	11
1. Обзорно-аналитический раздел	12
1.1 Обзор существующих решений и особенностей конструкций	12
1.2 Методы определения несоосности валов	19
2. Подбор комплектующих	22
2.1 Электродвигатель и проверка его работоспособности	22
2.2 Подбор конденсаторов для запуска электродвигателя от сети в 220 В	25
2.3 Подбор частотного преобразователя	26
2.4 Подбор опор	27
3. Конструкторский раздел	28
3.1 Эскизный проект	28
3.2 Расчет деформаций кронштейна гидронасоса	29
3.3 Расчет устойчивости стенда	32
3.4 Расчет болтового соединения электродвигателя	33
4. Технологический раздел	34
4.1 Анализ технологичности конструкции детали	35
4.2 Выбор вида и способа получения заготовки	36
4.3 Составление технологического маршрута	36
4.4 Расчет припусков на обработку для размера 53h9(-0,074) мм	38
4.5 Выбор режущего инструмента и расчет режимов резания	44
4.6 Выбор оборудования	52
4.7 Составление программы в G-кодах	53
4.8 Нормирование технологических переходов, операций	54
4.9 Расчет усилия зажима приспособления	58
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	61
6. Социальная ответственность	68
Заключение	76
Приложение А – ФЮРА.303369.000.СБ_Стенд по центровке валов	77
Приложение Б – ФЮРА.301311.001.СБ_Рама	
Приложение В – ФЮРА.301560.002.СБ_Кронштейн	
Приложение Г – ФЮРА.301318.003.СБ_Винтовой домкрат	
Приложение Д – ФЮРА.60121.00002_Карта эскизов	
Приложение К – ФЮРА.60121.00002_Операционная карта	
Приложение И – ФЮРА.62121.00003_Карта наладки	
Приложение М – ФЮРА.66121.00006_Расчетно-технологическая карта	

### Список использованной литературы

CD-диск ФЮРА.303369.000.СБ\_Стенд по центровке валов.

(цифровые модели сборок, деталей, чертежи в форматах Solidworks 2015: SLDASM, SLDPRT, SLDDRW, чертежи в формате PDF, файлы раскрытия материала в формате DXF)

## **Введение**

На рынке представлены не все возможные вариации стендов по центровке, в связи с чем может возникать потребность у потребителей. Так же представленные решения имеют сравнительно высокую цену.

На основании чего была поставлена задача спроектировать стенд ориентированный на центровку из доступных компонентов.

Проблема: На рынке представлены не все возможные решения.

Противоречия, разрешаемые в данной работе:

1. Между возможностью изготовления с нуля и возможностью использования доступных заготовок с дальнейшей доработкой.
2. Между необходимостью использования сварки для соединения деталей и возможностью использования разъемных соединений.

Объект исследования: Центровка и диагностика несоосности валов машин.

Предмет исследования: Конструктивные решения стендов по центровке.

Цель проектирования : Расширение тематик работ проводимых на учебном стенде по центровке за счет использования гидравлического насоса.

Задачи:

1. Провести анализ конструкций.
2. Спроектировать конструкцию в соответствии с предъявляемыми требованиями.
3. Оптимизировать стоимость конструкции за счет использования имеющихся в свободном доступе компонентов.
4. Обосновать список покупок необходимых для реализации проекта.
5. Получить изделие с помощью доступного оборудования и закупленных компонентов.

Практическая значимость:

1. Изготовлен стенд для демонстрации несоосности валов с расширенными возможностями.
2. Получены новые и закреплены приобретенные навыки.

## **1. Обзорно-аналитический раздел**

### **1.1 Обзор существующих решений и особенностей конструкций**

При обучении рассматриваются различные разделы и подразделы соответствующей области познаний, решаются различные задачи. На основании чего можно выделить основные тематики и провести классификацию стендов по ним. Так же необходимо привести классификацию по объему дополнительных тематик и привести их возможный перечень.

Классификация учебных стендов по тематикам работ:

1. Центровка.
2. Вибродиагностика и балансировка.
3. Комбинированные стенды.

Классификация по объему дополнительных тематик работ:

1. Ориентация только на основной тематике.
2. Возможность обучения только близким тематикам.
3. Возможность обучения большому объему тем.

Дополнительные тематики работ на учебных стендах:

1. Диагностика несоосности (вибродиагностика, диагностика при помощи измерительно-визуального способа).
2. Динамическая балансировка.
3. Определение собственных частот колебаний узлов учебного стенда. Определение частотных характеристик (выбег).
4. Дефекты подшипников качения.
5. Дефекты ременных передач.
6. Электромагнитные дефекты.
7. Дефекты крепления.
8. Дефекты гидравлических элементов.
9. Дефекты элементов зубчатого зацепления.
10. Прочие дефекты.

Учебный стенд по центровке (рис. 1) состоит из основания, на котором закреплены две стойки с валами, сопряженными между собой муфтой с упругим элементом. Валы установлены в подшипниковых блоках и имеют возможность вращения вокруг своей оси,

для чего оснащены рукоятками. Первая стойка зафиксирована на основании с помощью болтов под ключ, вторая (регулируемая стойка) – болтов с рукоятками через набор подкладок с горизонтальными регулируемыми упорами. Габаритные размеры станда 200x200x600 мм.



Рисунок 1 – Учебный стенд по центровке.

Порядок работы со стандом (рис. 1):

1. Устанавливаются измерительные приспособления на центрируемые валы и фиксируются (необходимо вручную зафиксировать за рукоятки валы для предотвращения самопроизвольного проворачивания).
2. Проводятся измерения в соответствии с рекомендациями и правилами (муфта позволяет проворачиваться двум валам совместно, вследствие чего позволяет проводить измерения).
3. Определяется величина регулировки положения опор по соответствующим методикам.
4. Производится выбор требуемых подкладок.
5. Производится отвинчивание регулируемой стойки и установка требуемых подкладок.
6. Производится предварительная затяжка болтов с рукоятками, фиксирующих опору с сохранением подвижности.
7. Производится регулировка положения опоры горизонтальными упорами.
8. Производится окончательная затяжка болтов, фиксирующих опору.
9. Производится проверка соответствия несоосности допускаемой.

10. Повторение действий 2-9 при необходимости, демонтаж измерительных приспособлений.

Учебный стенд по вибродиагностике и балансировке (рис. 2) состоит из основания, на котором закреплен частотный регулятор, электродвигатель, сопряженный с ротором при помощи ремня, ротора с тремя дисками и блоком управления. Ротор установлен в подшипниковые блоки, с поверхностями для установки вибродатчиков. Подшипниковые блоки установлены на опоры с регуляторами жесткости. Регуляторы жесткости оснащены рукоятками. Все элементы зафиксированы на основании с помощью болтов под ключ. Габаритные размеры стенда 400x400x700 мм.



Рисунок 2 – Учебный стенд по вибродиагностике и балансировке.

Порядок действий при работе:

1. Установка вибродатчиков и настройка виброанализирующей аппаратуры на требуемые режимы в соответствии с нормами и правилами.
2. Проведение измерений и получение результатов с помощью виброанализирующей аппаратуры.
3. Производится анализ полученных результатов.
4. Производится определение требуемой массы для устранения несбалансированности.
5. Производится определение точек на поверхности ротора, в которые необходимо добавить расчетную массу.
6. Производится добавление массы в требуемые точки.
7. Повторение действий 2-6, производится демонтаж вибродатчиков и отключение виброанализирующей аппаратуры.

Особенностью учебных стендов по вибродиагностике и балансировке является то, что они ориентированы на несколько тематик, появляется возможность проводить спектр работ связанных с вибродиагностикой (близкие тематики):

1. Определение собственных частот колебаний узлов стенда (для рассматриваемого стенда при изменяемой жесткости опор).
2. Определение частотных характеристик (выбег) с помощью использования частотного регулятора.
3. Диагностика состояния подшипниковых узлов.

Учебный стенд по вибродиагностике и балансировке (рис. 3) с возможностью модернизации в комбинированный стенд. Стенд состоит из основания с закрепленным электродвигателем, ротором, установленным в подшипниковые блоки с поверхностями для установки вибродатчиков. Ротор и электродвигатель сопряжены между собой муфтой с упругим элементом. Подшипниковые блоки установлены на плиту и закреплены болтами под ключ. Плита и электродвигатель закреплены на основании болтами под ключ. Габаритные размеры 200x200x500 мм.

Работа по центровке, вибродиагностике и балансировке осуществляется, как и на ранее рассмотренных стендах. Центровка осуществляется за счет регулировки положения опор электродвигателя при помощи калиброванных пластин, либо других применяемых на практике приспособлений. Балансировка осуществляется за счет добавления сосредоточенной массы в определенные точки на поверхности ротора.

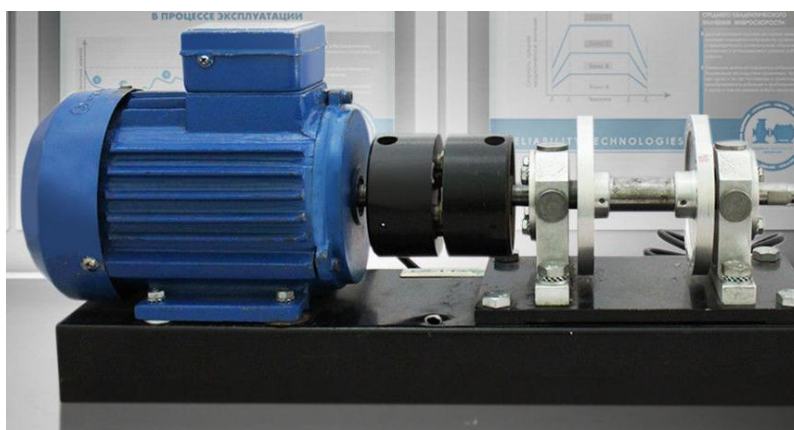


Рисунок 3 – Учебный стенд по вибродиагностике и балансировке.

Особенностью рассматриваемого стенда является возможность доработки его до учебного комбинированного стенда с возможностью проведения работ по центровке за счет того, что присутствует муфта с упругим элементом.

Комбинированный стенд (рис. 4) имеет более широкие возможности. Стенд состоит из основания, с закрепленным электродвигателем, гидравлическим элементом, сопряженными между собой муфтой с упругим элементом. Гидравлический элемент зафиксирован на основании с помощью болтов под ключ, электродвигатель – болтов под ключ через набор подкладок с горизонтальными регулируемыми упорами с рукоятками. Габаритные размеры стенда 400x400x700 мм.

Порядок действий при центровке не отличается от ранее рассмотренного.

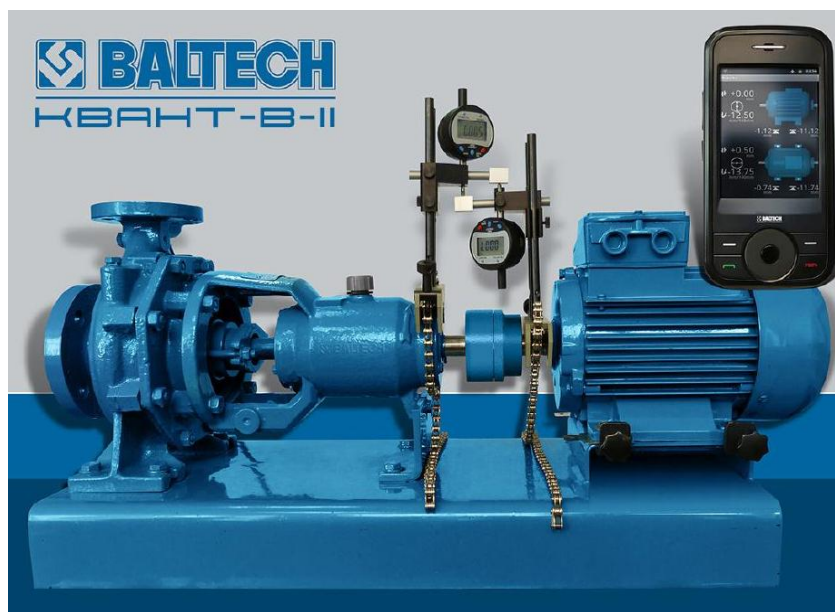


Рисунок 4 – Комбинированный стенд.

Особенность представленного стенда является тематика работ:

1. Центровка.
2. Вибродиагностика.
3. Диагностика дефектов подшипников качения.
4. Диагностика гидравлических элементов.

На рынке представлены комбинированные стенды, позволяющие проводить еще больший спектр работ (рис. 5). Стенд состоит из основания с закрепленным частотным преобразователем, элементами нагружения электрогенератора, системы охлаждения, центрируемых валов на опорах сопряженных муфтой с упругим элементом, электродвигателя сопряженного ремнем с валом, электрогенератора сопряженного ремнем со вторым центрируемым валом, приспособления для диагностики подшипников и крышки. Центрируемые валы установлены в блоки подшипников, с поверхностями для установки датчиков, установленные на опорах. Все элементы закреплены болтами под ключ на основании, центрируемый вал установлен на основании через набор прокладок с



горизонтальными регулируемыми упорами с рукоятками. Габаритные размеры 300х500х900 мм.

Центровка, балансировка и вибродиагностика проводятся по ранее рассмотренным схемам. Диагностика дефектов электрогенератора, осуществляется за счет включения элементов нагружения электронных компонентов. Диагностика подшипников качения осуществляется за счет установки подшипника в приспособление и включения нагружения.

Порядок действий при диагностике подшипников и электрогенератора:

1. Установка исследуемого элемента.
2. Включение нагружения соответствующего элемента и подключение датчиков к соответствующим анализаторам.
3. Проведение измерений.

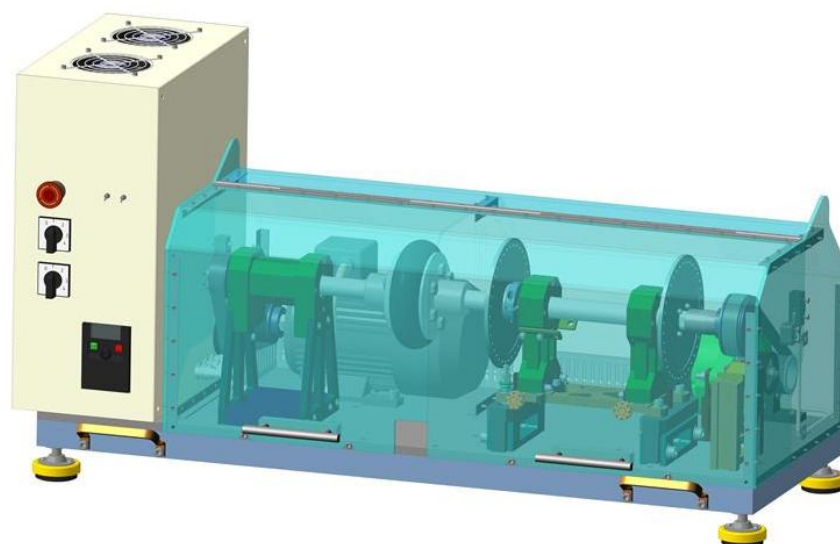


Рисунок 5 – Комбинированный стенд.

Следующие тематики можно отрабатывать на стенде:

1. Диагностика несоосности (вибродиагностика, диагностика при помощи измерительно-визуального способа).
2. Центровка.
3. Динамическая балансировка.
4. Определение собственных частот колебаний узлов учебного стенда. Определение частотных характеристик (выбег) при различных частотах вращения электродвигателя.
5. Дефекты подшипников качения при различных условиях нагружения.
6. Дефекты ременных передач при различных условиях нагружения.
7. Электромагнитные дефекты при различных условиях нагружения.
8. Дефекты крепления при различных условиях нагружения.

Стенд содержит основание 1, привод 2, ведущий 3 и ведомый 4 валы с опорами 5, нагрузатель 6, соединенный посредством виброизолирующей муфты 7 с ведомым валом 4, третий вал 8, установленный в опорах 5 между ведущим 3 и ведомым 4 валами, датчики 9 вибрации, установленные на основании 1 и подключенные к измерительному блоку 10. На валах 3, 4 и 8 установлены зубчатые колеса. Причем валы 3 и 4 с установленными на них колесами должны быть предварительно тщательно отбалансированы.

Стенд работает следующим образом.

Одновременно с включением привода 2 включается нагрузатель 6. Испытуемое двухпрофильное зубчатое колесо, установленное на третьем валу 8, находится в зацеплении с двумя другими колесами. Между приводом 2 и ведущим валом 3, а также между ведомым валом 4 и нагрузателем 6 установлены виброизолирующие муфты 7 для изоляции вибрации от привода и нагрузателя.

Безотрывный контакт зубьев создается нагрузателем и является необходимым условием для выявления накопленной погрешности шага. При вращении испытуемого колеса, установленного на валу 8, его вибрация будет вызываться неравномерным распределением массы и накопленной погрешностью шага каждого из профилей зубьев.

Появление вибрации, вызываемой накопленной погрешностью шага происходит на оборотной частоте, поэтому вектор этой вибрации складывается с вектором вибрации от неравномерного распределения массы в зубчатом колесе. Суммарная вибрация воспринимается датчиками 9 и регистрируется измерительным блоком 10. Компенсация вибрации производится установкой соответствующего груза в определенное место колеса. Накопление погрешности шагов колес, установленных на валах 3 и 4, не будет оказывать влияния на показания измерительного блока 10.

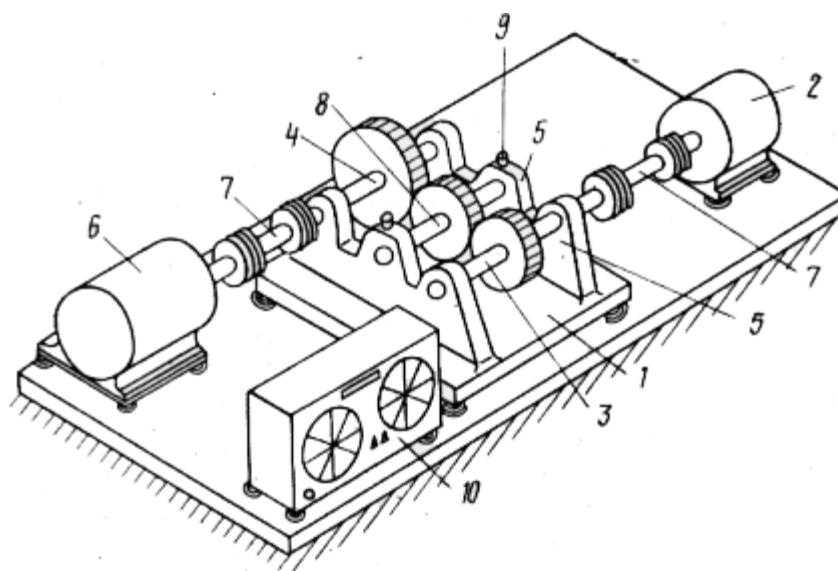


Рисунок 6 – Стенд для исследования динамических характеристик зубчатых передач.

Вывод:

Конструкции стендов схожи, отличия заключаются в сложности изготовления отдельных нестандартных узлов. Это обусловлено тематиками обучения на рассматриваемых стендах. Габаритные размеры обусловлены возможностью использования стандартных измерительных приспособлений.

Преимуществом перед представленными решениями будет использование стандартного профиля в качестве основных элементов конструкции без существенных изменений их геометрии. Возможность использования различных способов регулировки положения электродвигателя, внесение дополнительных элементов повышающих эргономичность будут преимуществом.

## 1.2 Методы определения несоосности валов

За время существования машиностроения повышались требования к точности механизмов, обеспечение которых требует новых методов в технологии обработки и в контроле точности. Центровка позволяет повысить точность технологических систем и продлить их срок эксплуатации. С момента появления требований к центровке было получено несколько основных способов отличающихся по точности [1] с использованием:

1. Поверочной линейки и щупов (рисунок 7);
2. Клиньев/ конусов (рисунок 8);
3. Уровня и скобы (рисунок 9);
4. Обратных и радиально-осевых индикаторов (рисунок 10);
5. Лазерных датчиков (рисунок 11); [1]

Точность первых трех способов (грубая центровка) в среднем достигает 0,1 мм, четвертого способа 0,01 мм, точность пятого способа 0,001 мм.

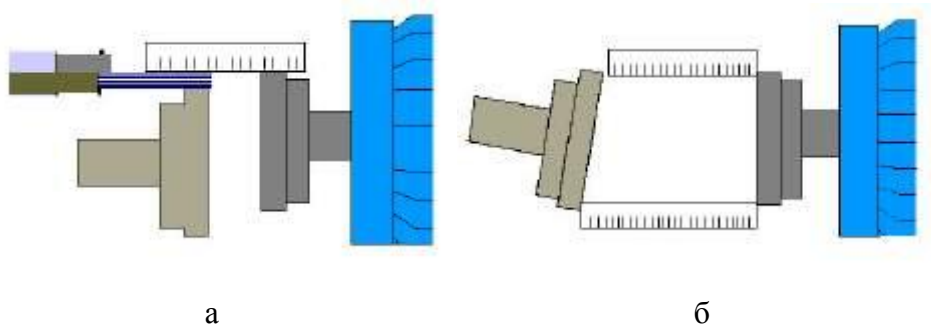


Рисунок 7 – а) измерение смещения, б) измерение угловой несоосности.

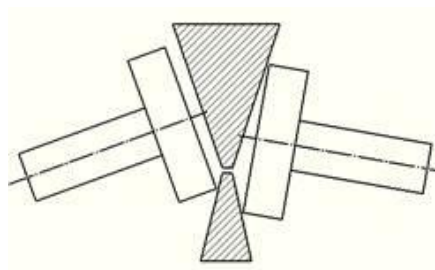


Рисунок 8 – Измерения несоосности с помощью клиньев.

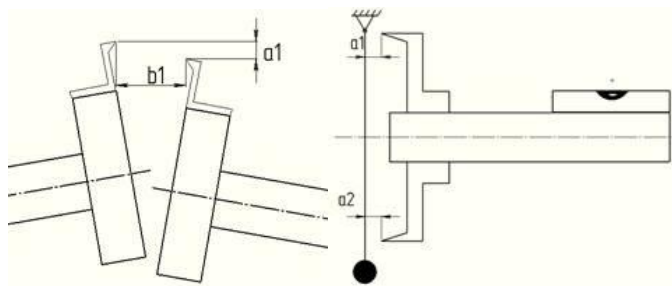


Рисунок 9 – Измерение несоосности с помощью уровня и скобы.

Метод щупов и линеек, клиньев, уровня и скобы наиболее характерны для узлов с большими габаритными размерами (тяжелое машиностроение) с использованием компенсирующих или упругих муфт компенсирующих большие значения несоосности (при пересчете в миллиметры). Так как регистрируемые величины смещений полумуфт друг относительно друга должны составлять большие величины, не сопоставимые с погрешностью измерения используемыми приспособлениями. Например, при измерении линейкой величины должны составлять несколько миллиметров, чтобы их можно было расценивать не как погрешность измерения.

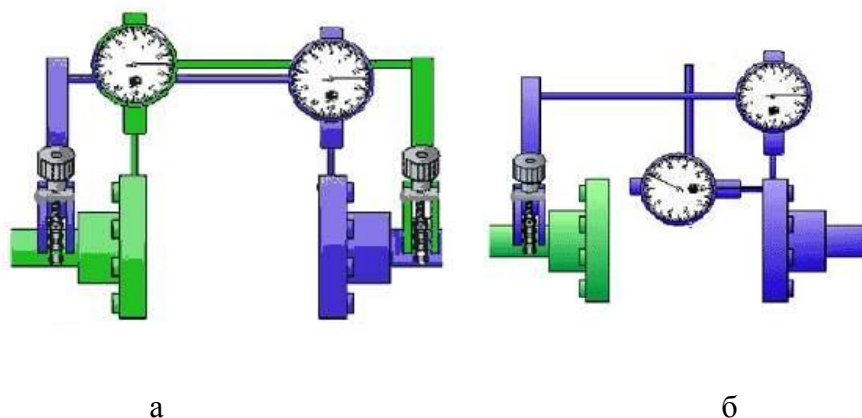


Рисунок 10 – Метод измерения: а) обратными индикаторами, б) радиально-осевыми индикаторами.

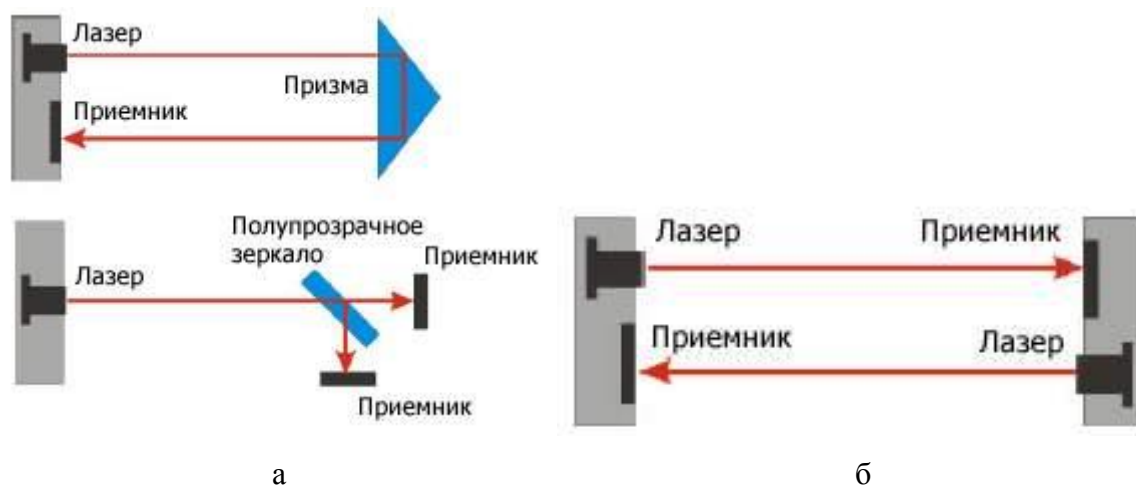


Рисунок 11 – Центровка с использованием: а) одного лазерного датчика, б) двух.

Центровка с помощью индикаторов часового типа и лазерных датчиков может применяться в более широком диапазоне габаритных размеров стыкуемых элементов, так как не требует больших смещений конструктивных элементов друг относительно друга. Однако минимальный габаритный размер ограничен размерами используемого приспособления для установки индикаторов часового типа, либо лазерных датчиков. В среднем размеры валов для установки приспособлений должны быть не менее 10 мм в диаметре, расстояние между торцами центрируемых элементов не менее 100 мм, длина цилиндрической поверхности для установки приспособления не менее 15 (для лазерных датчиков).

Грубые методы центровки необходимы только на первых этапах для предварительного исправления несоосности, если габаритные размеры позволяют проводить измерения с помощью этих методов.

Проведение центровки с использованием индикаторов часового типа является наиболее распространенным в общем и среднем машиностроении, так как способ

обеспечивает точность центровки в 0,01 мм, чего достаточно в большинстве ситуаций, а также габаритные размеры электродвигателей в среднем и общем машиностроении позволяют установить эти приспособления. Обеспечение возможности проведения измерений с помощью индикаторов часового типа является определяющим при проектировании конструкции.

На основании проведенного обзора аналогов и методов определения несоосности предъявляем требования к конструкции:

Обеспечить возможность проведения измерения с помощью индикаторов часового типа значений несоосности.

Обеспечить возможность регулировки положения электродвигателя несколькими способами.

Обеспечить возможность обучения следующим тематикам на стенде: центровка, вибродиагностика несоосности на различных режимах, диагностика дефектов гидравлического элемента.

Помимо этого необходимо обеспечить: прочность и жесткость несущих конструктивных элементов, прочность стандартных компонентов, минимум нестандартных деталей в конструкции.

## **2. Подбор комплектующих**

### **2.1 Электродвигатель и проверка его работоспособности**

На рынке представлены электродвигатели постоянного тока, асинхронные, шаговые и т.д. и каждый предназначен для решения соответствующих производственных задач. Цены на них так же меняются в широком диапазоне. Наиболее распространенными являются асинхронные электродвигатели, ввиду их простоты, дешевизны и возможности эксплуатации в различных областях машиностроения.

В наличии есть некоторые асинхронные электродвигатели, поэтому подбирать целесообразнее из доступных и рассматривать вариант покупки только в крайнем случае. Выберем из доступных подходящий электродвигателей см. таблицу 1:

Таблица 1 – Характеристики электродвигателей.

Наименование	Мощность (кВт)	Рабочее напряжение (В)	Частота вращения (об/мин)
4АМХ-80-В6-У3	1,1	220/380	920
АОЛ2-11-4-С1	0,6	220/380	1350
А42/2	4,5	220/380	2870

Выберем асинхронный электродвигатель АОЛ2-11-4-С1, так как он удовлетворяет всем условиям технического задания. Помимо этого электродвигатель обладает сравнительно лучшим техническим состоянием.

Электродвигатель АОЛ2-11-4-С1 имеет размер выходного вала (схема простановки размеров см. рисунок 12):

Диаметральный –  $d_1 = 18$  мм;

Осевой –  $L_1 = 40$  мм.

Установочно-присоединительные размеры лап электродвигателя:

$L_{10} = 60$  мм – в направлении оси вращения;

$b_{10} = 110$  мм – в радиальном направлении оси вращения.

$h = 90$  мм – высота оси вала относительно опорной поверхности.

Масса – 15,2 кг;

Номинальный крутящий момент – 26 Н\*м.

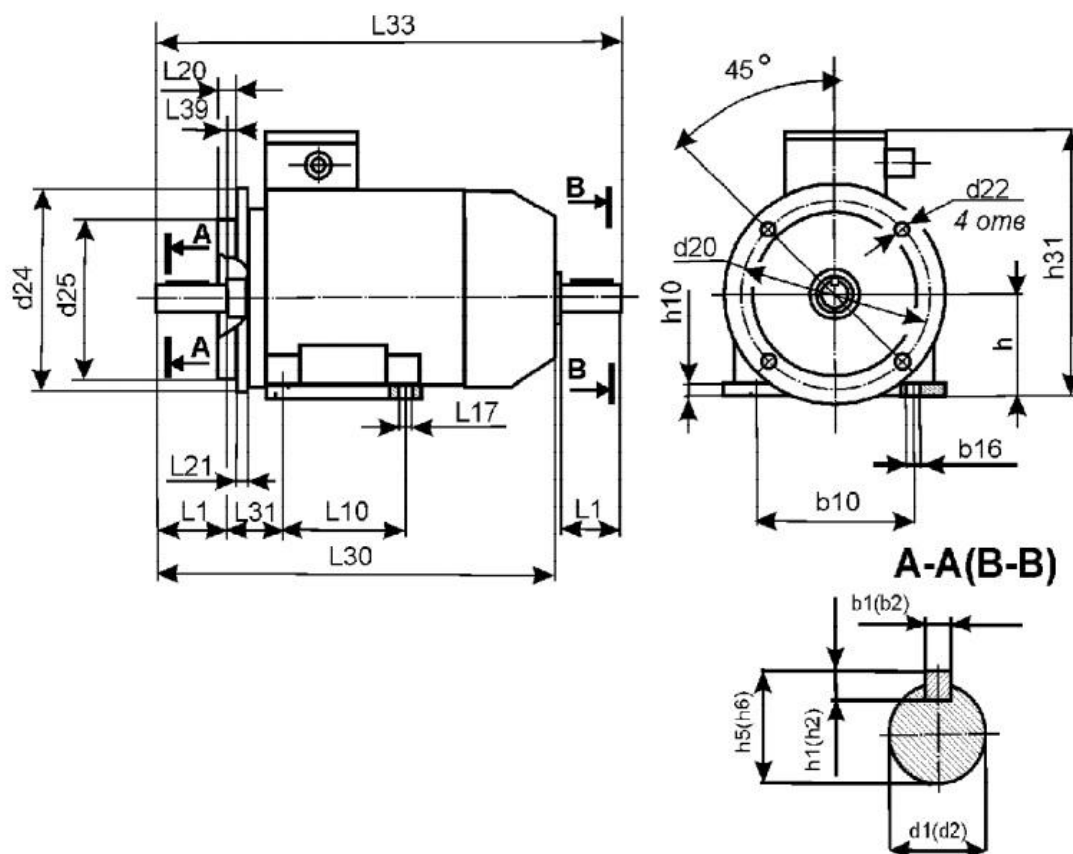


Рисунок 12 – Схема простановки размеров.

Присоединительные размеры позволят установить измерительные приспособления для индикаторов часового типа. Помимо этого на корпусе электродвигателя присутствуют поверхности, на которые можно смонтировать требуемые вибродатчики.

### Проверка работоспособности электродвигателя

Перед подключением и перед первым пуском электродвигателя во избежание аварийной ситуации рекомендуется произвести осмотр электродвигателя.

Порядок действий при проверке:

1. Визуальный осмотр;
2. Выбор схемы подключения;
3. Запуск от сети 380 В.

Результаты визуального осмотра:

1. Присутствие всех конструктивных элементов;
2. Отсутствие физических повреждений корпуса;
3. Целостность выводов обмоток;



4. Отсутствие следов термического воздействия на лакокрасочное покрытие корпуса;
5. Плавность вращения вала от руки;
6. Отсутствие посторонних звуков при вращении вала от руки.

Визуальный осмотр электродвигателя показал, что механическая часть в порядке.

Поскольку электродвигатель будет подключаться в сеть 380 В, необходимости в фазосдвигающем конденсаторе нет и задача сводится к определению схемы подключения, для рассматриваемого электродвигателя подразумевается только одна схема - треугольник.

Пуск электродвигателя производился с напарником для мгновенного обесточивания сети в случае возникновения каких-либо непредвиденных обстоятельств. Первый пуск производился на короткий промежуток времени 1-3 секунды.

В ходе пуска электродвигателя на короткий промежуток времени дефектов замечено не было, двигатель запустился плавно, запаха гари не возникло, искр в зоне контакта жил кабеля и клемм электродвигателя не возникло.

Второй запуск осуществили на более продолжительный промежуток времени, порядка 30 секунд.

По итогам двух запусков электродвигателя:

- отсутствие вибраций на холостом ходу;
- отсутствие очевидных дефектов в обмотках.

## **2.2 Подбор конденсаторов для запуска электродвигателя от сети в 220 В**

Подберем требуемую емкость для вариации станка без частотной регулировки скорости вращения электродвигателя. Так как изначально электродвигатель предназначен для включения в трехфазную сеть, необходимо компенсировать отсутствие одной из фаз, путем добавления фазосдвигающего конденсатора. Исходя из того, что конденсатор на выходе дает смещение фазы в зависимости от емкости необходимо правильно его подобрать. При мощности электродвигателя больше полутора киловатт рекомендуют установить помимо рабочего пусковой конденсатор.

Для подключения трехфазного двигателя в однофазную сеть, применяют бумажные конденсаторы в металлическом герметичном корпусе типа МПГО, МБГП, КБП или МБГО

[2]. Так как данный тип конденсаторов наиболее безопасен и предназначен для работы с высоким напряжением.

Электролитические конденсаторы использовать запрещается, в виду того, что электролит закипает под действием напряжения и как следствие конденсаторы выходят из строя и могут причинить ущерб не только технике, но и здоровью.

Емкость, которая требуется для смещения фазы для схемы включения треугольник, определяется по формуле:

$$C = \frac{4800 \cdot I}{U} = \frac{4800 \cdot 2,88}{220} = 63 \text{ мкФ [3]},$$

где  $I$  – ток, потребляемый двигателем;

$U$  – напряжение в сети.

Ток можно рассчитать на основании характеристик электродвигателя:

$$I = \frac{P}{1,73 \cdot U \cdot \eta \cdot \cos(\varphi)} = \frac{600}{1,73 \cdot 220 \cdot 0,72 \cdot 0,76} = 2,88 \text{ А [3]},$$

где  $U = 220 \text{ В}$  – напряжение в сети;

$\eta = 0,72$  – КПД электродвигателя (информация на шильдике);

$\cos(\varphi) = 0,76$  – информация на шильдике;

$P = 600 \text{ Вт}$  – мощность электродвигателя (информация на шильдике).

Емкость пускового конденсатора должна составлять:  $C_{\text{пуск.}} = (2..2,5) \cdot C$

$$C_{\text{пуск.}} = 126..158 \text{ мкФ}$$

### 2.3 Подбор частотного преобразователя

Для мощности электродвигателя 0,6 кВт подойдет преобразователь: Sunfar E550-2S0007.

Данный преобразователь является общепромышленным, имеет защиту от короткого замыкания, перегрева, превышения напряжения и перегрузки. Помимо этого оснащен ПИД регулятором и позволяет регулировать частоту переменного тока от 1 Гц до 1000 Гц. Главным достоинством является возможность подключения панели управления с помощью кабеля к основному блоку, и устанавливать ее в любое удобное для оператора место с помощью монтажной рамки (см. рисунок 15).



Рисунок 15 – Частотный преобразователь Sunfar E550-2S0007.

Помимо удобной выносной клавиатуры, которая представлена не на всех моделях, цена на этот частотный преобразователь ниже, чем на представленные на рынке аналоги см. таблицу.

Таблица 2 – Цены на частотные преобразователи.

Производитель	Цена
Овен	13600
Sunfar	12900
Toshiba	13500
Danfoss	13800

## 2.4 Подбор опор стенда

Вращения валов машин связаны с вибрациями различного уровня. Вибрации от узлов передаются за счет контакта другим элементам и могут привести к их поломке и выходу из строя. Для предотвращения этого используются виброопоры.

Для сокращения затрат на доставку рассмотрим ассортимент того же магазина, где будет приобретаться частотный преобразователь. В наличии есть два типа виброопор. Первый тип имеет металлическое основание, второй тип – резиновое. Поскольку стенд будет

устанавливаться на столе, необходимы резиновые опоры - HR98-1 (см. рисунок 16). Допустимая нагрузка на одну опору - 25 кг, этого достаточно для проектируемого стенда.



Рисунок 16 – Виброопоры.

### 3. Конструкторский раздел

#### 3.1 Эскизный проект

После проведенного обзора аналогов и методов определения несоосности можно переходить к эскизному проектированию. На этом этапе необходимо произвести компоновку стенда, определиться с геометрической формой проектируемых деталей, необходимых для установки центруемых элементов, с учетом особенностей рассмотренных ранее, а так же учитывая возможность использования готовых и доступных узлов для преследуемых целей.

Принято решение использовать раму электродвигателя и кронштейн гидронасоса в дальнейшей работе. Компоновку с использованием этих узлов см. рисунок 17.

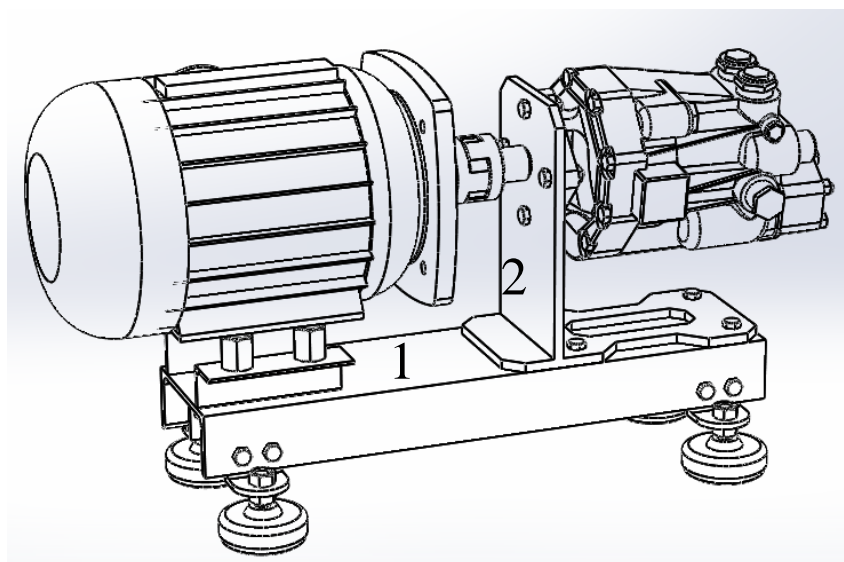


Рисунок 17 – Компоновка стенда.

Параметры узлов:

1. Рама из швеллера 12П, длина 490 мм. К швеллеру приварено два уголка 35х35х3 мм.
2. Кронштейн электродвигателя, сварен из стального листа толщиной 8мм. Дефект - коробление опорного элемента.

Использование компонентов возможно в дальнейшей работе, так как геометрическая точность швеллера сохранена, воздействия сварки минимальны, присутствие незначительных устранимых дефектов на поверхности.

Кронштейн, используемый для крепления гидронасоса, требует доработок для дальнейшего использования, так как габаритные размеры больше требуемых. Установочные размеры гидронасоса позволяют уменьшить ширину кронштейна на требуемую величину с сохранением уже изготовленных установочных отверстий. Требуется проведение расчетов жесткости конструкции кронштейна с целью выявления потребности в доработке конструкции.

### **3.2 Расчет деформаций кронштейна гидронасоса**

В виду необходимости проведения центровки валов на стенде требуется, чтобы элементы были жесткими, либо была возможность компенсации деформаций при расчете несоосности. Проведем расчет жесткости для следующих ситуаций:

1. принимаем массу гидронасоса равной 60 килограммам и используем конструкцию кронштейна без доработок (без ребра жесткости).
2. при такой же массе используем кронштейн с двумя ребрами жесткости.

Для симуляции нагрузок необходимо использовать программную среду SolidWorks. В модуле Simulation в разделе статического анализа необходимо задать:

1. Зафиксированную геометрию – отверстия для болтов;
2. Силовые факторы – сила тяжести;
3. Параметры сетки - стандартные;
4. Материалы элементов – Сталь 45.

После задания проводится расчет деформации и напряжений для двух ситуаций см. рисунки 18-21

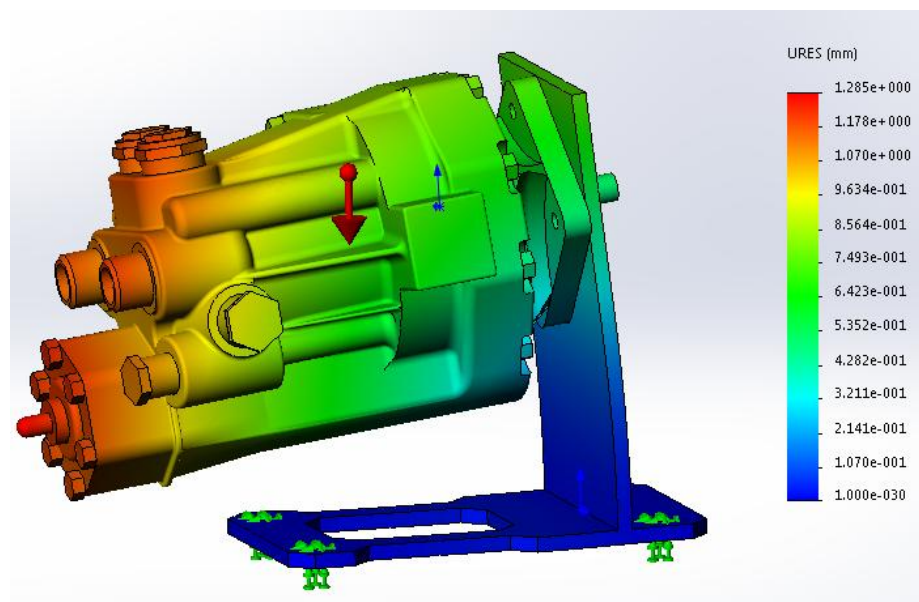


Рисунок 18 - Деформации кронштейна без ребра жесткости.

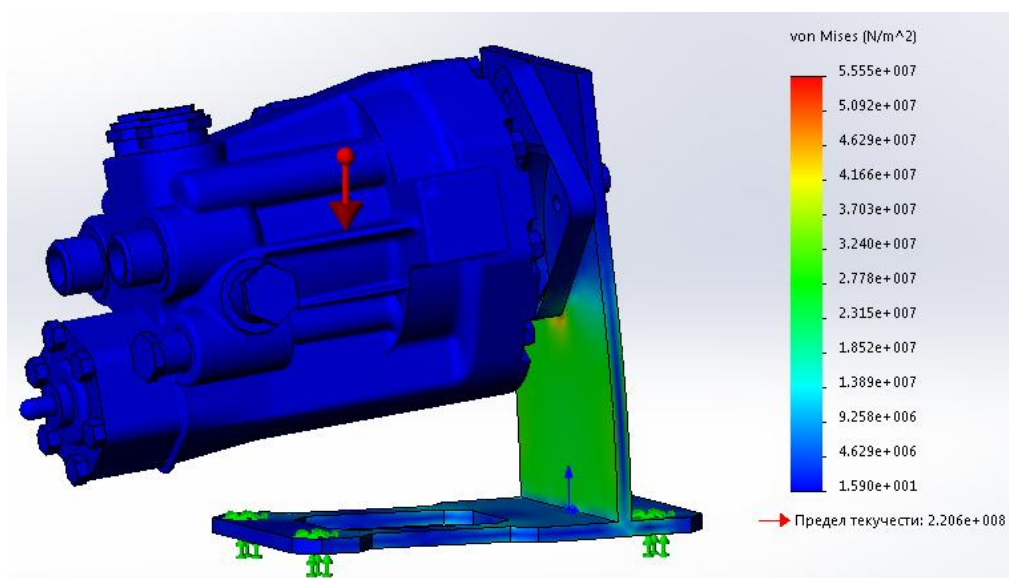


Рисунок 19 – Напряжения кронштейна без ребра жесткости.

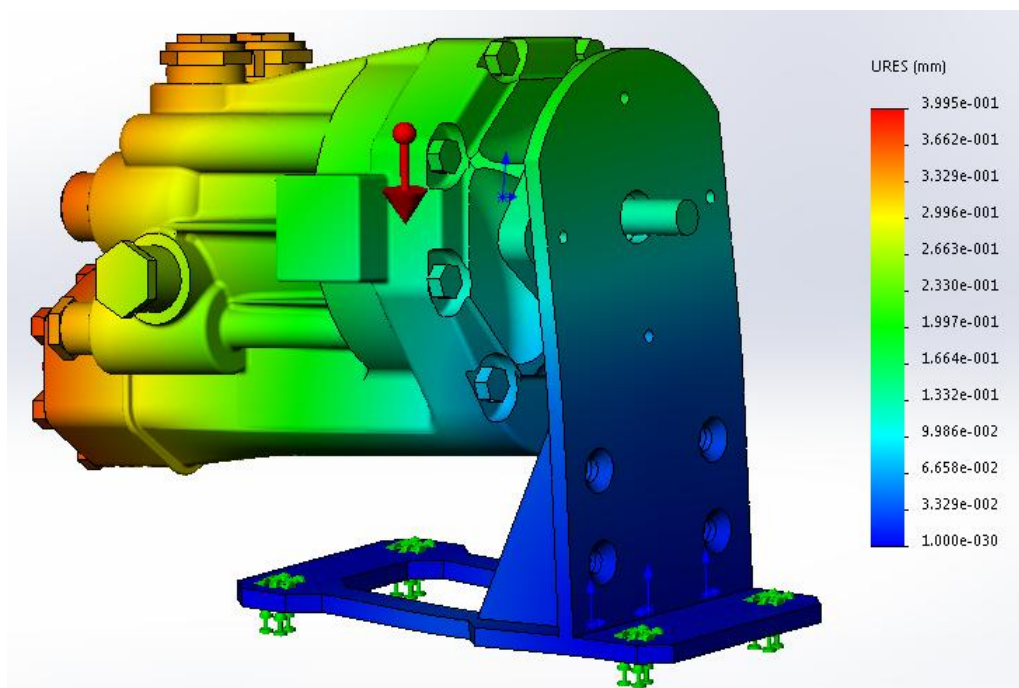


Рисунок 20 – Деформации кронштейна с двумя ребрами жесткости.

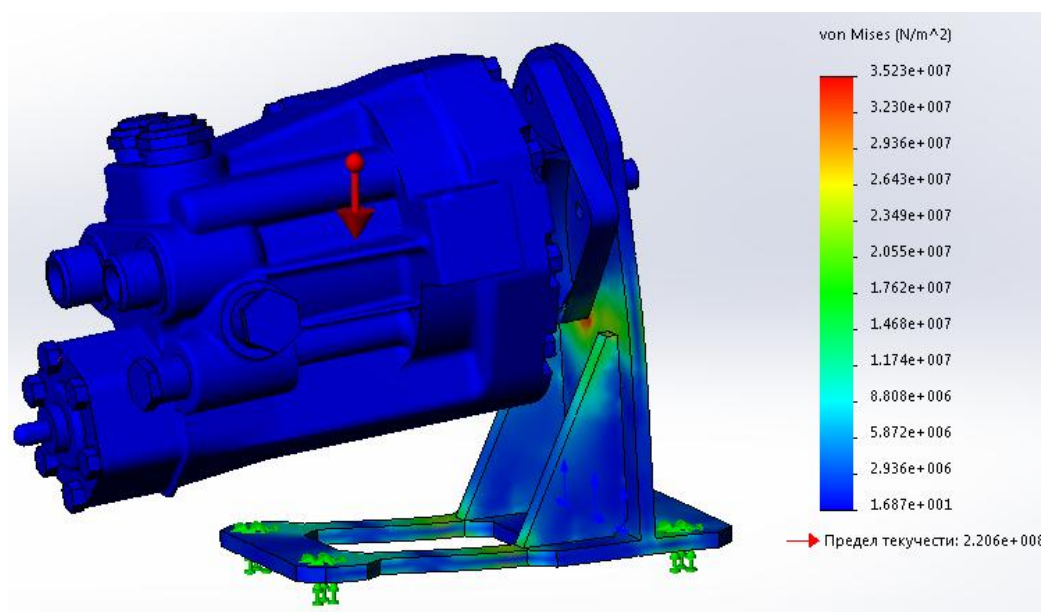


Рисунок 21 – Напряжения кронштейна с двумя ребрами жесткости.

Проведенная симуляция нагрузок показала, что напряжение в области нижнего болта крепления гидронасоса уменьшилось с 55 МПа до 35 МПа, а величина деформаций в области вала уменьшилась с 0,7 мм до 0,1 мм.

Целесообразнее использование двух ребер жесткости, так как величина деформаций уменьшилась в 7 раз. Поэтому требуется доработка кронштейна для повышения жесткости и точности, так как требование к несоосности для частоты вращения от 1000 до 2000 об/мин составляет от 0,03 до 0,08 мм на 100 мм длины, соответственно и деформации должны быть



соизмеримы. Добавление двух ребер жесткости толщиной 10 мм сокращает величину деформаций до 0,08 мм при расчете с запасом жесткости.

### 3.3 Расчет устойчивости стенда

Для начала расчетов необходимо знать положение центра тяжести см. рисунок 22, для этого используются массовые характеристики, полученные в Solidworks. Начало координат задано на оси вращения электродвигателя, координаты центра тяжести находятся ниже этой оси на 22 мм, и находится в вертикальной продольной плоскости симметрии.

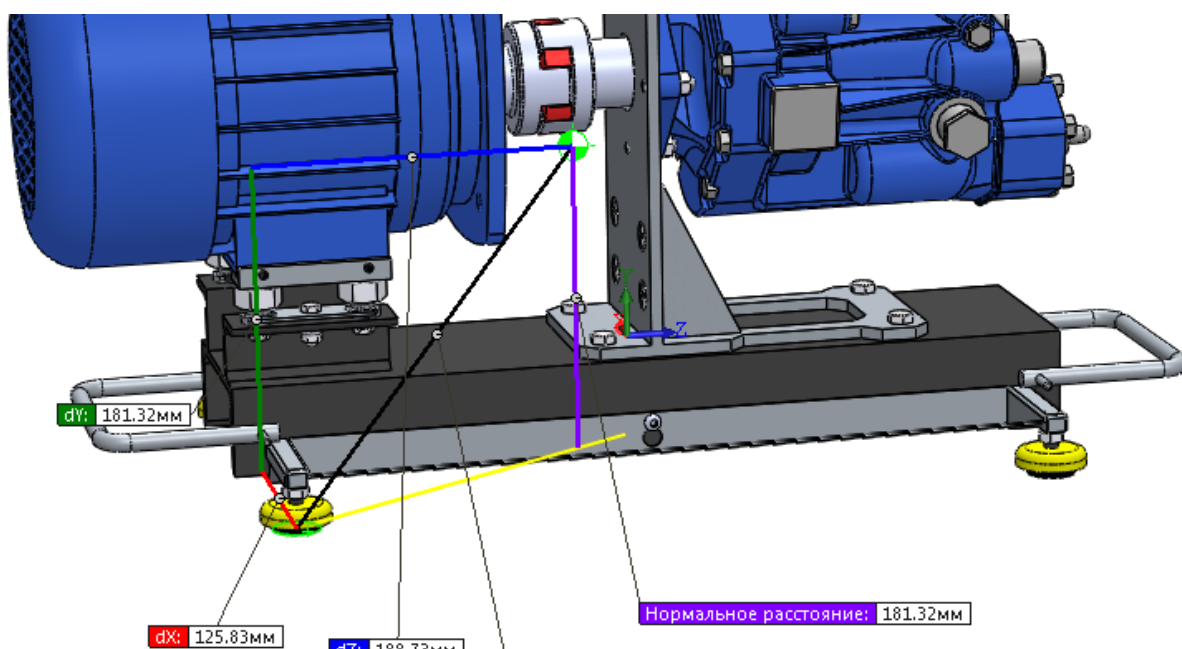


Рисунок 22 – Центр тяжести стенда.

В первом приближении определим, какой угол устойчивости получится при установке стенда с виброопорами на минимальном расстоянии между ними. Расстояние от центра тяжести до опорной поверхности составляет 181 мм, а расстояние между крайними точками опор 270 мм.

$$\alpha = \arctg\left(\frac{L}{2h}\right) [4],$$

где  $L$  – расстояние между крайними точками опор;

$h$  – расстояние от плоскости, на которую установлен стенд, до центра тяжести;

$\alpha$  – предельный угол в градусах, при котором стенд устойчив.

$$\alpha = \arctg\left(\frac{120}{2 * 181}\right) = 18$$

Рассмотрим вариант, когда размеры стенда составляют 280 мм, тогда:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{270}{2 * 181}\right) = 35$$



### 3.4 Расчет болтового соединения электродвигателя

Для расчета болтового соединения построим расчетную схему см. рисунок 23.

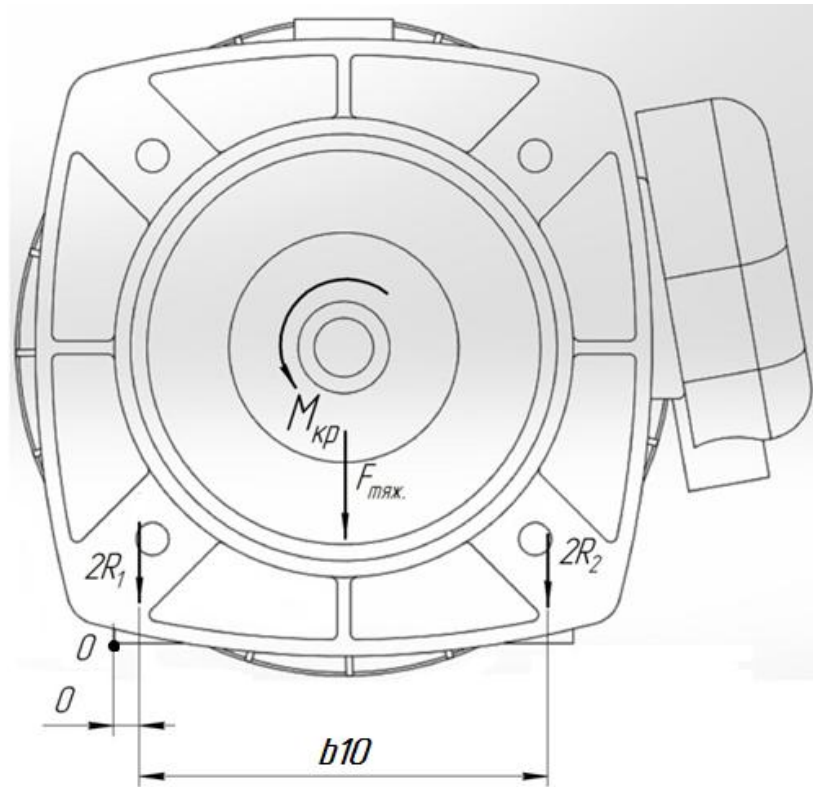


Рисунок 23 – Расчетная схема.

Приняты допущения при составлении расчетной схемы: электродвигатель закреплен к неподвижному элементу и под действием момента  $M_{кр}$ , который способен развить электродвигатель при нормальном режиме работы проворачивается. За точку поворота приняли кромку одной из опор, которой электродвигатель уперся бы в раму, если бы был не закреплен.

Составим баланс сил для рассматриваемого случая, запишем уравнение моментов, точка вращения - точка О.

$$\sum M_{O i} = M_{O \text{тяж.}} + 2 * M_{O R1} + 2 * M_{O R2} - M_{кр} = 0 ,$$

где  $\sum M_O$  – суммарный момент относительно точки О для все рассматриваемых силовых факторов;

$$M_{O \text{тяж.}} = F_{\text{тяж.}} * (O + \frac{b_{10}}{2}) - \text{момент от силы тяжести};$$

$$F_{\text{тяж.}} = m * g, g = 9,8 \text{ м/с}^2;$$

$$M_{O R1} = R_1 * O - \text{момент от силы реакции в опоре 1};$$

$$M_{O R2} = R_2 * (O + b_{10}) - \text{момент от силы реакции в опоре 2};$$

Так как момент распределяется равномерно на все точки опоры представим уравнение по другому:

$$M_{O_{\text{тяж.}}} + 4 * M_{O_R} - M_{\text{кр}} = 0$$

Тогда получим:

$$4 * M_{O_R} = M_{\text{кр}} - M_{O_{\text{тяж.}}} = 26 - (15 * 9.8) * \left( \frac{0.110}{2} + 0.010 \right) = 17 \text{ Н} * \text{м}$$

$M_{O_R} = 4.25 \text{ Н} * \text{м}$  – Момент, действующий на одну опору.

Так как момент определяется произведением плеча силы на величину этой силы, получим:

$$M_{O_{R1}} = R_1 * O = M_{O_R}$$

$$M_{O_{R2}} = R_2 * (O + b_{10}) = M_{O_R}$$

Рассматриваемые моменты равны между собой, а значит сила реакции  $R_1$  больше, чем  $R_2$ .

$$R_1 = \frac{M_{O_{R1}}}{O} = \frac{4.25}{0.01} = 425 \text{ Н}$$

Для оценки прочности будем использовать силу реакции в первой опоре, так как она больше.

Используемые винты для фиксации электродвигателя – М6х20.

Винты М6 по ГОСТ 1759.4-87 3,6 класса прочности имеют минимальную разрушающую нагрузку 6,63 кН.

В сравнении с расчетной величиной усилия получим запас прочности:

$$k = \frac{6630}{428} = 15,5$$

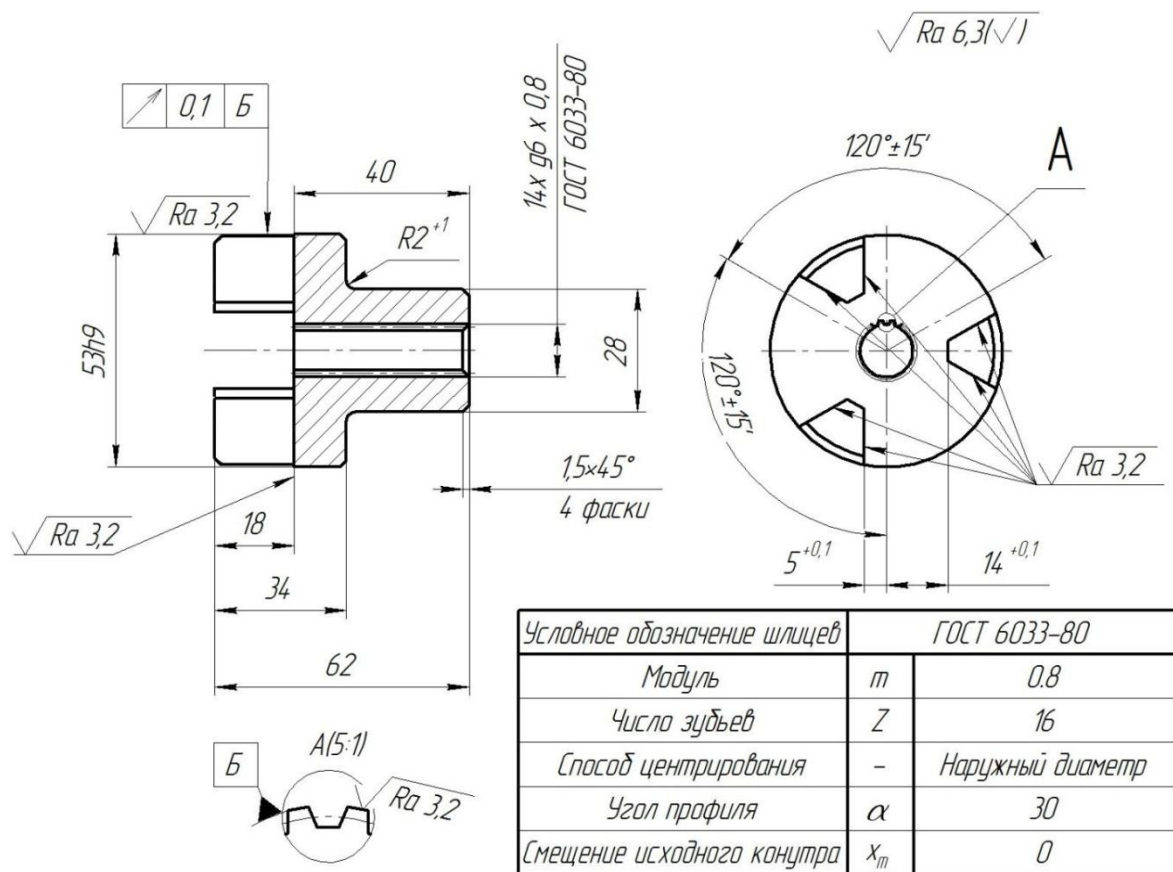
Соответственно использование болтов данного типоразмера возможно, так как максимальный рекомендуемый коэффициент запаса прочности равен 4 для случая неконтролируемой затяжки и работе при переменных нагрузках. [5]

Все остальные болтовые соединения нет необходимости рассчитывать после проведенного расчета, так как запас прочности на много больше чем должен быть.

#### 4. Технологический раздел

Разработать технологический процесс для единичного (два изделия) изготовления муфты с упругой звездочкой под вал со шлицами, применяемой на учебном стенде для демонстрации несоосности машин.

Чертеж полумуфты представлен на рис.24.



Неуказанные предельные отклонения размеров по ГОСТ 25670  
 $H14, h14 \pm IT/2$

Рисунок 24 – Чертеж полумуфты.

#### 4.1 Анализ технологичности конструкции детали

Технологический анализ конструкции обеспечивает улучшение технико-экономических показателей разрабатываемого технологического процесса.

Анализируя деталь можно отметить ряд факторов:

- 1) Все размеры и требуемая точность обеспечивается на доступном технологическом оборудовании;
- 2) Обрабатываемые поверхности легкодоступны для режущего инструмента.

Отрицательными с точки зрения технологичности следует считать следующие факторы:

- 1) Соотношение  $\frac{l}{D} \ll 1$  и  $\frac{l}{D} > 10$ ;
- 2) Наличие конической поверхности;
- 3) Высокой шероховатости отдельных поверхностей.

## **4.2 Выбор вида и способа получения заготовки**

Главным при выборе заготовки является обеспечение заданного качества готовой детали при ее минимальной себестоимости. Себестоимость детали определяется суммированием себестоимости заготовки по калькуляции заготовительного цеха и себестоимости ее последующей обработки до достижения заданных требований качества по чертежу. Выбор заготовки зависит от формы детали и ее размеров, исходного материала, типа и вида производства, наличия необходимого оборудования.

Существуют различные способы получения заготовок. Мелкосерийное производство характеризуется тем, что большая часть металла уходит в стружку, из чего следует, что заготовка не совсем соответствует форме готового изделия.

Анализируя чертеж, приходим к выводу, что наиболее выгодный способ получения заготовки - прокат.

В качестве заготовки принимаем сортовой горячекатаный прокат круглой формы из стали Сталь 45 диаметром 56 мм обычной точности по ГОСТ 2590-71.

В данном случае при использовании сортового проката в качестве заготовки ее форма и размеры будут достаточны для изготовления детали. Также горячекатаный сортовой прокат имеет однородную структуру, благодаря чему, в нем обеспечено постоянство механических свойств.

Помимо проката, можно использовать штамповку из сортового проката для получения заготовки. Это позволит максимально приблизить форму заготовки к форме готовой детали. Однако это более эффективно в более масштабном производстве.

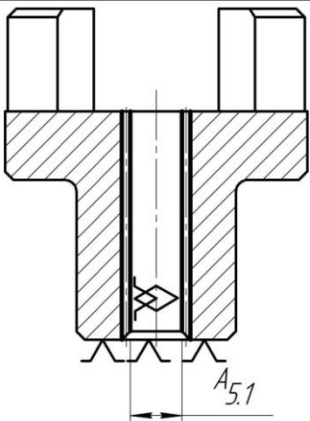
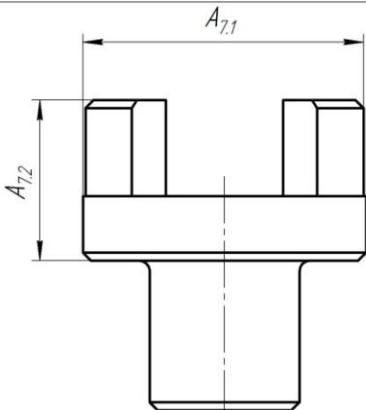
## **4.3 Составление технологического маршрута**

Исходными данными для составления технологического маршрута будет являться конструкторский чертеж с конкретными требованиями на деталь, а так же вид производства, и ряд других факторов.

Технологический маршрут обработки сведем в табл. 3 согласно ГОСТ 3.1107-81. Идеальные опорные точки обозначаются в соответствии с ГОСТ 21495-76.

Таблица 3 – Маршрут обработки.

Операция	Переход	Эскиз
1	<p><u>005 Заготовительная</u></p> <p>1. Установить и закрепить пруток в трехкулачковом патроне; 2. Отрезать заготовку от прутка, выдержав размер <math>A_{11}</math>, предварительно подрезав торец.</p>	
2	<p><u>010 Токарная с ЧПУ</u></p> <p>1. Установить и закрепить заготовку в трехкулачковом патроне; 2. Точить цилиндр 1 начерно, выдерживая <math>A_{21}</math>; 3. Подрезать торец 2,3 начерно, выдерживая <math>A_{22}</math>; 4. Центровать, сверлить отверстие 4 напроход, выдерживая размер <math>A_{23}</math>;</p>	
3	<p><u>015 Токарная с ЧПУ</u></p> <p>1. Установить и закрепить заготовку в трехкулачковом патроне; 2. Точить цилиндр 1 начерно; 3. Подрезать торец 2 начерно; 4. Точить цилиндр 1 начисто выдерживая размер <math>A_{31}</math>; 5. Подрезать торец 2 начисто выдерживая размер <math>A_{32}</math>; 6. Точить фаску начисто выдерживая размер <math>A_{33}</math>.</p>	
4	<p><u>020 Фрезерная с ЧПУ</u></p> <p>1. Установить и закрепить заготовку в трехкулачковом патроне; 2. Фрезеровать по программе, выдерживая все размеры.</p>	
5	<p><u>025 Токарная с ЧПУ</u></p> <p>1. Точить цилиндр 1 начисто, выдерживая размер <math>A_{51}</math>; 2. Подрезать торец 2,3 начисто, выдерживая размер <math>A_{52}</math>; 3. Рассверлить отверстие 4 напроход, выдерживая размер <math>A_{53}</math>; 4. Точить фаски начисто, выдерживая размер <math>A_{54}</math>; 5. Радиус скругления обеспечить инструментом.</p>	

6	<p><i>ОЗО Электроэрозионная</i></p> <p>1. Установить и закрепить заготовку; 2. Обработать шлицы по программе.</p>	
7	<p><i>ОЗО Контрольная</i></p> <p>Контролировать размеры: A<sub>7.1</sub> – МК-75-0.001; A<sub>7.2</sub> – МК-50-0.001.</p> <p>Контролировать шероховатость поверхностей, получаемых на фрезерной операции с ЧПУ профилометром на базовой длине 0.8 мм</p>	

#### 4.4 Расчет припусков на обработку для размера 53h9(-0,074) мм

В соответствии с заданием, необходимо рассчитать припуски на обработку и промежуточные предельные размеры для диаметрального размера 53h9(-0,074).

Все расчетные значения будем заносить в табл. 4.

Таблица 4 – Элементы припуска.

Технологи-ческие переходы обработки поверхности 53h9(-0.074)	Элементы припуска, мкм				Расчетный мин. припуск, мкм	Допуск $TZ_i$ , мкм	Технологический размер, мм		Предельные Значения припуска на сторону, мкм	
	Rz	T	$\rho$	$\varepsilon$	-	-	$d_{min}$	$d_{max}$	$Z_{min}$	$Z_{max}$
Заготовка	150	250	17	-	-	1400	55	56,4	-	-
Черновая	80	60	0	17	434	370	53,478	53,692	654	1461
Чистовая	26	30	0	0	140	150	53,112	53,198	140	290
Чистовая	3.2	0	0	0	56	80	52,926	53	56	136

В качестве заготовки используем горячекатаный прокат  $d = 56$  мм обычной точности. Технологический маршрут обработки данного диаметрального размера состоит из 3 переходов: одного чернового, двух чистовых.

Так как заготовка устанавливается в самоцентрирующийся трехкулачковый патрон погрешность установки и закрепления принимаем равной нулю и не учитываем в расчетах.

Для заготовительной операции выбираем параметры  $Rz$  и  $T$  из табл.1 [6], а для остальных операций – по табл.27 [6].

Расчет припуска дается ГОСТ 31109-82. Методами расчета минимального припуска являются два метода: опытно-статистический; расчетно-аналитический (ГОСТ 7505-74; 7062-79; 7829-70).

$$z_{imin} = (Rz + h)_{i-1} + \rho_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i \text{ .минимальный припуск на обработку}$$

где  $Rz$  – высота неровностей профиля на предшествующем переходе;

$h_{i-1}$  – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе;

$\rho_{\Sigma i-1}$  – суммарные отклонения расположения поверхности;

$\varepsilon_i$  – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2}, \text{ где } \varepsilon_6 \text{ – погрешность базирования; } \varepsilon_3 \text{ – погрешность закрепления,}$$

$\varepsilon_{пр}$  – погрешность приспособления. [7]

Погрешность базирования равна нулю, так как патрон самоцентрирующийся, погрешность приспособления принимают равной нулю.

$$\varepsilon_3 = 17 \text{ мкм [2, с 34]}$$

Расчет кривизны заготовки из круглого проката:

$$\rho = 0,5 * 34 = 17 \text{ мкм – отклонение расположения поверхности, где}$$

0,5 мкм/1мм – величина кривизны сортового горячекатаного проката диаметром 58 мм.

34 мм – длина обрабатываемого участка.

Расчет минимальных припусков на обработку на сторону:

$$z_{imin} = (Rz + h)_{i-1} + \rho_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i$$

$z_{1min} = 150 + 250 + 17 + 17 = 434$  мкм – припуск на первый (черновой) переход.

$z_{2min} = 80 + 60 + 0 + 0 = 140$  мкм – припуск на второй (чистовой) переход;

$z_{3min} = 26 + 30 + 0 + 0 = 56$  мкм – припуск на третий (чистовой) переход.

Расчет максимальных припусков на чистовую обработку на сторону:

$$z_{imax} = z_{imin} + TZ_i$$

$z_{2max} = 140 + 150 = 290$  мкм – припуск на второй (чистовой) переход;

$z_{3max} = 56 + 80 = 136$  мкм – припуск на третий (чистовой) переход.

Расчет на черновой переход не производим, так как величина может отличаться и будет получена в результате размерного анализа.

Зададим допуски на припуски из табл.2.1 [7] и рассчитаем.

С использованием размерных цепей определим отклонения для технологических размеров.

Проведем расчет размерной цепи для последнего припуска.

#### Расчет технологического размера на последний переход

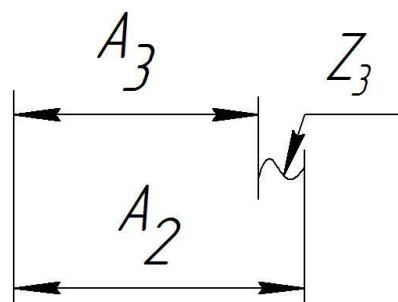


Рисунок 25. Размерная схема для последнего припуска.

$A_3 = 26,5_{-0,037}$  мм, так как размер совпадает с конструкторским размером.

Минимальная величина припуска  $Z_3 = 56$  мкм  $TZ_3 = 80$  мкм



Примем замыкающее звено  $Z_3$  уменьшающим, тогда и  $A_3$  звено размерной цепи будет уменьшающим, а интересующее звено  $A_2$  будет увеличивающим.

Определим номинальное значение размера  $A_2$  из уравнения:

$$Z_3 = A_2 - A_3$$

$$A_2 = A_3 + Z_3 = 26.5 + 0.056 = 26,556 \text{ мм}$$

Верхнее отклонение размера определится следующим образом:

$$esA_2 = esZ_3 + eiA_3 = 80 - 37 = 43 \text{ мкм}$$

Нижнее отклонение размера определится следующим образом:

$$eiA_2 = eiZ_3 + esA_3 = 0 + 0 = 0 \text{ мкм}$$

$$A_2 = 26,556^{+0,043}_0$$

Проведем проверку. Из наибольшего предельного размера, пришедшего на обработку, вычтем наименьший предельный размер, который можно получить на данном переходе. В результате этих действий должны получить величину наибольшего припуска.

$$Z_{max} = \sum A_{увел. max} - \sum A_{ум. min}$$

$$A_2 + esA_2 - A_3 - eiA_3 = 26,556 + 0,043 - 26,5 - (-0,037) = 0,136 \text{ мм} = 136 \text{ мкм}$$

Наибольшее значение припуска на данной операции 136 мкм, значения сошлись.

$$Z_{min} = \sum A_{увел. min} - \sum A_{ум. max}$$

$$A_2 + eiA_2 - A_3 - esA_3 = 26,556 + 0 - 26,5 - 0 = 0,056$$

## Расчет технологического размера на второй переход

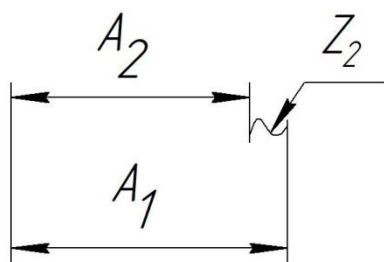


Рисунок 26. Размерная схема для второго припуска.

$$A_2 = 26,556_0^{+0,043}$$

Минимальная величина припуска  $Z_2 = 140$  мкм  $TZ_2 = 150$  мкм

Примем замыкающее звено  $Z_2$  уменьшающим, тогда и  $A_2$  звено размерной цепи будет уменьшающим, а интересующее звено  $A_1$  будет увеличивающим.

Определим номинальное значение размера  $A_1$

$$A_1 = A_2 + Z_2 = 26,556 + 0,140 = 26,696 \text{ мм}$$

Верхнее отклонение размера определится следующим образом:

$$esA_1 = esZ_2 + eiA_2 = 150 + 0 = 150 \text{ мкм}$$

Нижнее отклонение размера определится следующим образом:

$$eiA_1 = eiZ_2 + esA_2 = 0 + 43 = 43 \text{ мкм}$$

$$A_1 = 26,696_{-0,043}^{+0,150}$$

Проведем проверку.

$$A_1 + esA_1 - A_2 - eiA_2 = 26,696 + 0,150 - 26,556 - 0 = 0,290 \text{ мм} = 290 \text{ мкм}$$

$$A_1 + eiA_1 - A_2 - esA_2 = 26,696 - 0,043 - 26,556 + 0,043 = 0,140$$

Наибольшее значение припуска на данной операции 290 мкм, значения сошлись.

### Расчет технологического размера на первый переход

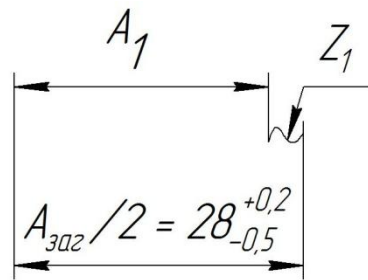


Рисунок 27. Размерная схема для первого припуска.

$$A_1 = 26,696^{+0,150}_{+0,043}$$

Минимальная величина припуска  $Z_1 = 434$  мкм  $TZ_1 = 370$  мкм

Так как это первый припуск и допуск на размер заготовки задан, а так же посчитаны размеры на последующие припуски для чистовых операций, проведем расчет припуска на черновую операцию.

Примем замыкающее звено  $Z_1$  уменьшающим, тогда и  $A_1$  звено размерной цепи будет уменьшающим, а интересующее звено  $A_1$  будет увеличивающим.

Определим номинальное значение размера  $Z_1$

$$Z_1 = A_{\text{заг.}} - A_1 = 28,0 - 26,696 = 1,304 \text{ мм}$$

Верхнее отклонение размера определится следующим образом:

$$esZ_1 = esA_{\text{заг.}} - eiA_2 = 200 - 43 = 157 \text{ мкм}$$

Нижнее отклонение размера определится следующим образом:

$$eiZ_1 = eiA_{\text{заг.}} - esA_2 = -500 - 43 = -543 \text{ мкм}$$

$$Z_1 = 1,304^{+0,157}_{-0,543}$$

Для подрезки торца воспользуемся рассчитанной величиной припусков на чистовую обработку, с учетом того, что торцы подрезаются при получении заготовки на 005 операции.

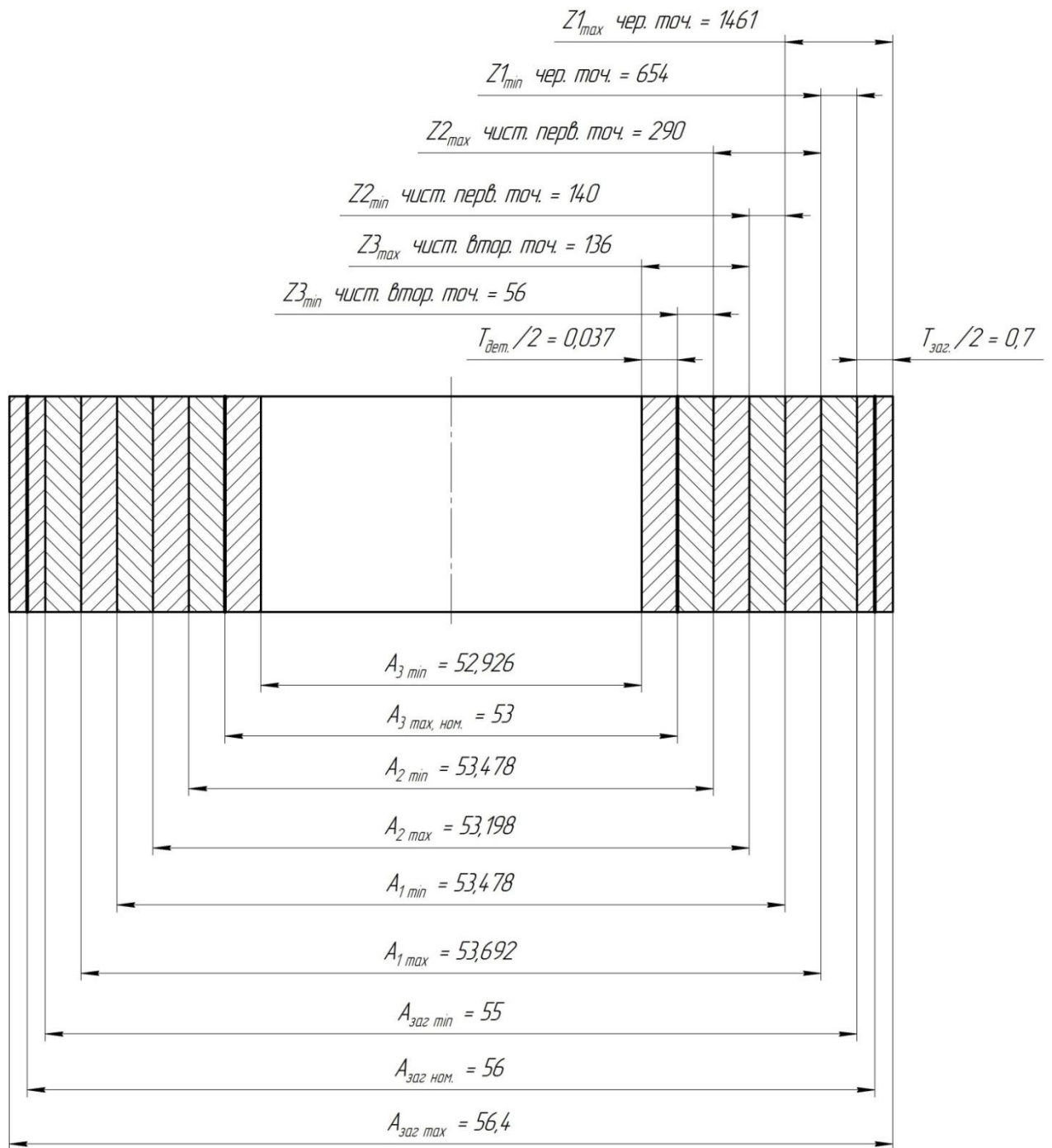


Рисунок 28. Схема расположения припусков на обработку.

#### 4.5 Выбор режущего инструмента и расчет режимов резания

Режимы резания необходимо рассчитать для операции 015 маршрутного листа. На данной операции необходимо проточить начерно цилиндрическую поверхность и два раза начисто, обработать торец и получить фаску. Выбор инструмента произведем на сайте Sandvik Coromant в соответствующем разделе по полученным режимам резания [7].

## Черновая обработка цилиндра

### Инструмент:

Sandvik coromant SNMG 09 03 08-PM 4325 и DSBNR 2525H 09

Геометрия твердосплавной пластины:

Радиус при вершине –  $r = 1,2$  мм;

Угол при вершине –  $\varepsilon = 90$  градусов;

Главный угол в плане –  $\varphi = 75$  градусов;

Угол наклона режущей кромки  $\lambda = 6$  градусов;

Главный передний угол  $\gamma = 6$  градусов.

Точить поверхность  $\phi 56$  до  $\phi 53,392$ . Точим за один проход.

Скорость резания.

$$V = \frac{C_V K_V}{T^{m_T} S^{x_S} y^{y_S}} [8]$$

Глубина  $t = 1,461$  мм, подача на оборот  $S = 0,7$  мм/об [8]

Стойкость инструмента  $T=30$  мин.

$C_V=340$ ;  $m=0,2$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,45$ . таб. 17 [3, с 269]

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 * \left( \frac{750}{850} \right)^1 = 0,9$$

$$K_V = K_{MV} K_{\Pi V} K_{IV} = 0,9 * 0,9 * 1 = 0,8 [3, с 265]$$

Скорость резания:

$$V = \frac{340 * 0,8}{30^{0,2} 1,461^{0,15} 0,7^{0,45}} = 168 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi d_{\text{заг}}} = \frac{1000 * 168}{\pi * 56} = 954 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

$$P_Z = 10 C_p t^x S^y V^n K_p = 10 * 300 * 1,461^1 * 0,7^{0,75} * 168^{-0,15} * 1,13 = 1504 \text{ Н} [8]$$

Коэффициенты и показатели степени по табл.22 [8]

$K_p = K_{\text{мр}} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} = 1,13 * 1 * 1,15 * 1 = 1,3$  [8] – коэффициенты, учитывающие параметры инструментов по табл. 23[8]

$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{n_v} = \left(\frac{850}{750}\right)^{n_v} = 1,13$  -коэффициент, учитывающий качество материала по табл. 9[8, с264]

Мощность резания:

$$N_{рез} = \frac{P_Z * V}{1020 * 60} = \frac{1504 * 168}{1020 * 60} = 4,13 \quad [8]$$

Требуемая мощность привода станка:

$$N = \frac{N_{рез}}{\eta} = \frac{3,34}{0,85} = 4,86 \text{ кВт}$$

### **Черновая подрезка торца**

Воспользуемся расчетной величиной припуска на обработку из таблицы для обработки цилиндрической части см. таблица 4. Из соображения, что деталь состоит из однородного материала и обрабатывается в такой же последовательности (предварительная обработка поверхности и два последующих прохода с целью получения требуемого качества поверхности) рассчитаем на основании справочных величин режимы резания.

#### **Инструмент:**

Sandvik coromant SNMG 12 04 08-PR 4325 и DSSNR 2525K 12

Геометрия твердосплавной пластины:

Радиус при вершине –  $r = 1,2$  мм;

Угол при вершине –  $\varepsilon = 90$  градусов;

Главный угол в плане –  $\varphi = 45$  градусов;

Угол наклона режущей кромки  $\lambda = 6$  градусов;

Главный передний угол  $\gamma = 6$  градусов.

Скорость резания.

$$V = \frac{C_V K_V}{T^{m_t} x_{sy}} \quad [8]$$

Глубина  $t = 0,390$  мм, подача на оборот  $S = 0,5$  мм/об [8]

Стойкость инструмента  $T=20$  мин.

Коэффициенты и показатели степени по таб. 17 [8] :

$C_v=292$ ;  $m=0,18$ ;  $x=0,3$ ;  $y=0,15$ .

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 * \left(\frac{750}{850}\right)^{0,75} = 0,9$$

$$K_V = K_{MV}K_{NV}K_{IV} = 0,9 * 0,9 * 1 = 0,8 [8]$$

Скорость резания:

$$V = \frac{292 * 0,8}{20^{0,18} 0,390^{0,3} 0,5^{0,15}} = 237 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi d_{\text{заг}}} = \frac{1000 * 237}{\pi * 53} = 1423 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

$$P_Z = 10 C_p t^x S^y V^n K_p = 10 * 300 * 0,290^1 * 0,25^{0,75} * 190^{-0,15} * 1,13 = 241 \text{ Н} [8]$$

Коэффициенты и показатели степени по табл.22 [8]

$$C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15$$

$$K_p = K_{mp}K_{\varphi p}K_{\gamma p}K_{\lambda p} = 1,13 * 1 * 1,15 * 1 = 1,3 [8]$$

$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{n_v} = \left(\frac{850}{750}\right)^{n_v} = 1.13$  -коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала по табл. 9[3, с264]

Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_Z * V}{1020 * 60} = \frac{241 * 237}{1020 * 60} = 0,93 [8]$$

Требуемая мощность привода станка:

$$N = \frac{N_{\text{рез}}}{\eta} = \frac{0,93}{0,85} = 1,1 \text{ кВт}$$

### **Чистовая обработка цилиндра**

#### **Инструмент:**

Sandvik coromant VBMT 11 03 12-PF 4325 и TR-VB1312-F 4325

Радиус при вершине –  $r = 0,4$  мм;

Угол при вершине –  $\varepsilon = 35$  градусов;

Главный угол в плане –  $\varphi = 72,5$  градусов;

Угол наклона режущей кромки  $\lambda = 6$  градусов;

Главный передний угол  $\gamma = 6$  градусов.

Точить поверхность  $\phi 53,392$  до  $\phi 53,112$ . Точим за один проход.

Скорость резания.

$$V = \frac{C_V K_V}{T^{m_t} x_S y} [8]$$

Глубина  $t = 0,290$  мм, подача на оборот  $S = 0,25$  мм/об [8]

Стойкость инструмента  $T=20$  мин.

Коэффициенты и показатели степени по таб. 17 [8] :

$C_V=340$ ;  $m=0,2$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,2$ .

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 * \left( \frac{750}{850} \right)^{0,75} = 0,9$$

$$K_V = K_{MV} K_{пV} K_{иV} = 0,9 * 0,9 * 1 = 1,5 [8]$$

Скорость резания:

$$V = \frac{340 * 0,8}{20^{0,2} 0,290^{0,15} 0,25^{0,2}} = 283 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi d_{\text{заг}}} = \frac{1000 * 283}{\pi * 53,692} = 1678 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

$$P_Z = 10 C_p t^x S^y V^n K_p = 10 * 300 * 0,290^1 * 0,25^{0,75} * 283^{-0,15} * 1,13 = 149 \text{ Н} [8]$$

Коэффициенты и показатели степени по табл.22 [8]

$C_p = 300$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = -0,15$

$$K_p = K_{\text{мр}} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} = 1,13 * 1 * 1,15 * 1 = 1,3 [8]$$

Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_Z * V}{1020 * 60} = \frac{149 * 283}{1020 * 60} = 0,69 [8]$$

Требуемая мощность привода станка:

$$N = \frac{N_{\text{рез}}}{\eta} = \frac{0,69}{0,85} = 0,91 \text{ кВт}$$

### **Чистовая обработка цилиндра**

**Инструмент:**

Sandvik coromant VBMT 11 03 12-PF 4325 и TR-VB1312-F 4325

Радиус при вершине –  $r = 0,4$  мм;



Угол при вершине –  $\varepsilon = 35$  градусов;

Главный угол в плане –  $\varphi = 72,5$  градусов;

Угол наклона режущей кромки  $\lambda = 6$  градусов;

Главный передний угол  $\gamma = 6$  градусов.

Точить поверхность  $\phi 53,112$  до  $\phi 53$ . Точим за один проход.

Скорость резания.

$$V = \frac{C_V K_V}{T^{m_t} x_{S^y}} [8]$$

Глубина  $t = 0,136$  мм, подача на оборот  $S = 0,05$  мм/об [8]

Стойкость инструмента  $T = 20$  мин.

Коэффициенты и показатели степени по таб. 17 [8] :

$C_V = 340$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,2$ .

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 * \left( \frac{750}{850} \right)^{0,75} = 0,9$$

$$K_V = K_{MV} K_{пV} K_{иV} = 0,9 * 0,9 * 1 = 1,5 [8]$$

Скорость резания:

$$V = \frac{340 * 0,8}{20^{0,2} 0,136^{0,15} 0,1^{0,2}} = 359 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi d_{\text{заг}}} = \frac{1000 * 359}{\pi * 53,112} = 2150 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

$$P_Z = 10 C_p t^x S^y V^n K_p = 10 * 300 * 0,136^1 * 0,25^{0,75} * 359^{-0,15} * 1,13 = 67 \text{ Н} [8]$$

Коэффициенты и показатели степени по табл. 22 [8]

$C_p = 300$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = -0,15$

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} = 1,13 * 1 * 1,15 * 1 = 1,3 [8]$$

Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_Z * V}{1020 * 60} = \frac{67 * 359}{1020 * 60} = 0,39 \text{ кВт} [8]$$

Требуемая мощность привода станка:

$$N = \frac{N_{\text{рез}}}{\eta} = \frac{0,39}{0,85} = 0,46 \text{ кВт}$$

### Чистовая подрезка торца

#### Инструмент:

Sandvik coromant SNMG 12 04 08-PR 4325 и DSSNR 2525K 12

Геометрия твердосплавной пластины:

Радиус при вершине –  $r = 1,2$  мм;

Угол при вершине –  $\varepsilon = 90$  градусов;

Главный угол в плане –  $\varphi = 45$  градусов;

Угол наклона режущей кромки  $\lambda = 6$  градусов;

Главный передний угол  $\gamma = 6$  градусов.

Скорость резания.

$$V = \frac{C_V K_V}{T^{m_t} x_{SY}} [8]$$

Глубина  $t = 0,136$  мм, подача на оборот  $S = 0,05$  мм/об [8]

Стойкость инструмента  $T=20$  мин.

Коэффициенты и показатели степени по таб. 17 [8] :

$C_V=292$ ;  $m=0,18$ ;  $x=0,3$ ;  $y=0,15$ .

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 * \left( \frac{750}{850} \right)^{0,75} = 0,9$$

$$K_V = K_{MV} K_{\Pi V} K_{IV} = 0,9 * 0,9 * 1 = 0,8 [8]$$

Скорость резания:

$$V = \frac{292 * 0,8}{20^{0,18} 0,136^{0,3} 0,05^{0,15}} = 390 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi d_{\text{заг}}} = \frac{1000 * 390}{\pi * 53} = 2342 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

$$P_Z = 10 C_p t^x S^y V^n K_p = 10 * 300 * 0,136^1 * 0,25^{0,75} * 390^{-0,15} * 1,13 = 66,6 \text{ Н [8]}$$

Коэффициенты и показатели степени по табл.22 [8]

$$C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15$$

$$K_p = K_{mp}K_{\phi p}K_{\gamma p}K_{\lambda p} = 1,13 * 1 * 1,15 * 1 = 1,3 \text{ [8]}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{n_v} = \left(\frac{850}{750}\right)^{n_v} = 1,13 \text{ -коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала по табл. 9[9]}$$

Мощность резания:

$$N_{рез} = \frac{P_Z * V}{1020 * 60} = \frac{66,6 * 390}{1020 * 60} = 0,42 \text{ кВт [8]}$$

Требуемая мощность привода станка:

$$N = \frac{N_{рез}}{\eta} = \frac{0,42}{0,85} = 0,5 \text{ кВт}$$

### Точение фаски

#### Инструмент:

Sandvik coromant SNMG 12 04 08-PR 4325 и DSSNR 2525K 12

Геометрия твердосплавной пластины:

Радиус при вершине –  $r = 1,2$  мм;

Угол при вершине –  $\varepsilon = 90$  градусов;

Главный угол в плане –  $\varphi = 45$  градусов;

Угол наклона режущей кромки  $\lambda = 6$  градусов;

Главный передний угол  $\gamma = 6$  градусов.

Скорость резания.

$$V = \frac{C_V K_V}{T^{m_t} x_{S^y}} \text{ [8]}$$

Глубина  $t = 1,5$  мм, подача на оборот  $S = 0,05$  мм/об [8]

Стойкость инструмента  $T=20$  мин.

Коэффициенты и показатели степени по таб. 17 [8] :

$$C_v=340; m=0,2; x=0,15; y=0,2.$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 * \left(\frac{750}{850}\right)^{0,75} = 0,9$$

$$K_V = K_{MV}K_{\Pi V}K_{\Pi V} = 0,9 * 0,9 * 1 = 0,8 \text{ [8]}$$

Скорость резания:

$$V = \frac{340 * 0.8}{20^{0,2} 1,5^{0,15} 0,05^{0,2}} = 288 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi d_{\text{заг}}} = \frac{1000 * 288}{\pi * 53} = 1730 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

$$P_Z = 10 C_p t^x S^y V^n K_p = 10 * 300 * 1,5^1 * 0,05^{0,75} * 288^{-0,15} * 1,13 = 230 \text{ Н [8]}$$

Коэффициенты и показатели степени по табл.22 [8]

$$C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15$$

$$K_p = K_{\text{мр}} K_{\text{фр}} K_{\text{гр}} K_{\text{лр}} = 1,13 * 1 * 1,15 * 1 = 1,3 \text{ [8]}$$

Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_Z * V}{1020 * 60} = \frac{230 * 288}{1020 * 60} = 1,08 \text{ кВт [8]}$$

Требуемая мощность привода станка:

$$N = \frac{N_{\text{рез}}}{\eta} = \frac{0,39}{0,85} = 1,27 \text{ кВт}$$

Занесем полученные режимы резания в таблицу 5.

Таблица 5 – Режимы резания.

Наим. операции	Подача S, мм/об	Глубина резания t, мм	Частота n, об/мин	Скорость резания V м/мин
Черновое точение	0,7	1,461	954	168
Подрезка торца	0,5	0,390	1423	237
Чистовое точение	0,25	0,29	1687	283
Чистовое точение	0,05	0,136	2150	359
Чистовая подрезка торца	0,05	0,136	2342	390
Точение фаски	0,05	1,5	1730	288

#### 4.6 Выбор оборудования

Учитывая диаметр обрабатываемой заготовки и требуемую мощность по табл. 9 [7] выбираем станок с ЧПУ модели 16K20Ф3.

Технические характеристики станка 16K20Ф3

Таблица 6 – Технические характеристики.

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной	400
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над суппортом	220
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки	1000
Шаг нарезаемой резьбы: метрической	До 20
Частота вращения шпинделя, об/мин	12,5 – 2500
Число скоростей шпинделя	22
Наибольшее перемещение суппорта продольное	900
Наибольшее перемещение суппорта поперечное	250
Подача суппорта продольная, мм/мин	3-1200
Подача суппорта поперечная, мм/мин	1,5-600
Число ступеней подач	Б/с
Скорость быстрого перемещения суппорта продольного, мм/мин	4800
Скорость быстрого перемещения суппорта поперечного, мм/мин	2400
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	10

#### 4.7 Составление программы в G-кодах.

%

*N0 M40- третий диапазон частот вращения*

*N1 M3 S954 – включение шпинделя с частотой вращения 954 об/мин*

*N2 Z7300 X2679~\* - ускоренное перемещение по двум координатам*

*N3 Z3400 X2679 F70 – черновое точение цилиндра, подача 0,7 мм/об*

*N4 Z3600 X2679 ~\*- ускоренное перемещение по двум координатам*

*N5 Z9800 X7000 ~\*- ускоренное перемещение по двум координатам*

*N6 T2 - смена инструмента*

*N7 S1423 – включение шпинделя с частотой вращения 1423 об/мин*

*N8 Z6800 X3900 ~\*- ускоренное перемещение по двум координатам*

*N9 Z6779 X3900 F50 – черновое точение торца, подача 0,5 мм/об*

*N10 Z9800 X7000~\*- ускоренное перемещение по двум координатам*

*N11 T3 - смена инструмента*

*N12 Z7300 X2658 ~\*- ускоренное перемещение по двум координатам*

*N13 S1687– включение шпинделя с частотой вращения 1687 об/мин*

*N14 Z3400 X2658 F25– чистовое точение, подача 0,25 мм/об*

*N15 Z3400 X2858 ~\*- ускоренное перемещение по двум координатам*  
*N16 Z7300 X2858 ~\*- ускоренное перемещение по двум координатам*  
*N17 Z7300 X2648 ~\*- ускоренное перемещение по двум координатам*  
*N18 S2150 – включение шпинделя с частотой вращения 2150 об/мин*  
*N19 Z3400 X2648 F5– чистовое точение, подача 0,05 мм/об*  
*N20 Z3400 X2748~\*- ускоренное перемещение по двум координатам*  
*N21 Z9800 X7000~\*- ускоренное перемещение по двум координатам*  
*N22 T2 - смена инструмента*  
*N23 Z6800 X3900 ~\*- ускоренное перемещение по двум координатам*  
*N24 Z6765 X3900 ~\*- ускоренное перемещение по двум координатам*  
*N25 S2342– включение шпинделя с частотой вращения 2342 об/мин*  
*N26 Z6767 X-100 F5 – чистовое точение торца, подача 0,05 мм/об*  
*N27 Z7065 X3648~\*- ускоренное перемещение по двум координатам*  
*N28 Z6551 X3064~\*- ускоренное перемещение по двум координатам*  
*N29 S1730– включение шпинделя с частотой вращения 1730 об/мин*  
*N30 Z6201 X3064 F5 – точение фаски, подача 0,05 мм/об*  
*N31 Z9800 Z7000~\*- ускоренное перемещение по двум координатам*  
*N32 M5- отключение шпинделя*  
*N33 M30- конец программы*  
 %

#### **4.8 Нормирование технологических переходов, операций**

Техническое нормирование устанавливает технически обоснованную норму расхода производственных ресурсов - рабочего времени, энергии, сырья, материалов, инструментов и т.п. Основы технологического нормирования устанавливает ГОСТ 3.1109-82. Главными целями нормирования являются:

- грамотно разработанный технологический процесс;
- минимальная себестоимость изготовления детали;
- минимальная трудоемкость изготовления детали.

Норма времени – регламентированное время выполнения некоторого объема работ в определенных производственных условиях одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации.

Норма времени, которое дается на обработку детали или каких-то поверхностей детали на данной технологической операции называется нормой штучного времени и складывается из:

- основного (машинного) или технологического времени;
- вспомогательного времени;
- времени обслуживания рабочего места;
- времени перерывов на отдых и физиологические потребности.

Нормирование будем вести для операции 015. Нормирование будет заключаться в определении штучного времени. Расчет норм времени осуществляется на основании РТК.

Основное время считается по формуле:

$$T_0 = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{n_i S_i} i;$$

где  $T_0$  – машинное время для всех переходов, мин;

$L_i$  – путь пройденный  $i$ -м инструментом на рабочей подаче, мм;

$S_i$  – рабочая подача для  $i$ -го инструмента, мм/об;

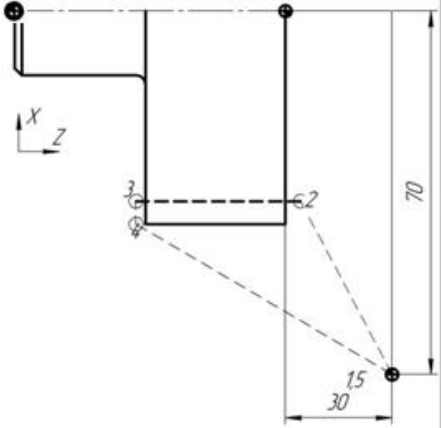
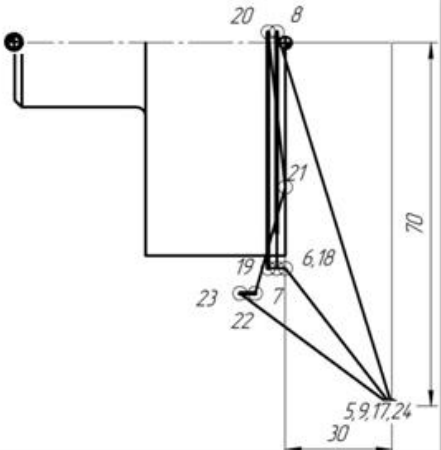
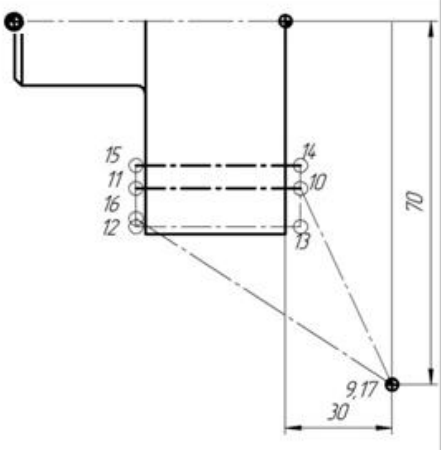
$n_i$  – рабочая частота вращения шпинделя, об/мин;

$i$  – число проходов  $i$ -го инструмента.

### **Расчет основного времени**

На основе РТК составим таблицу 7, в которой отобразим траектории движения каждого инструмента. Утолщенными линиями того же стиля отобразим траекторию перемещения на рабочих подачах.

Таблица 7.

Ил-т	Схема	$L_{xx}$	$L_{рад.}$	Траектория
1		106,42	40	1-5
2		224	47,793x2 3,5	5-9 17-24
3		151,77	40x2	9-17

$$T_0 = \sum_{i=1}^n \frac{L_{рабi}}{n_{рабi} S_{рабi}} i$$

$$T_0 = \frac{40}{954 \cdot 0,7} + \frac{47,793}{0,5 \cdot 1423} + \frac{47,793}{0,25 \cdot 1687} + \frac{3,5}{0,05 \cdot 1730} + \frac{40}{0,25 \cdot 1687} + \frac{40}{0,05 \cdot 2150} = 0,74 \text{ мин}$$



### Расчёт вспомогательного времени.

Величина партии деталей 2 шт.

Вспомогательное время на установку и снятие детали –  $t_y=0,16$  [10] мин.

Определение времени, требующегося на холостые ходы и смену инструмента:

$$T_{xx} = \frac{\sum L_{xxi}}{S_{xx}} + T_{см.ин.};$$

где  $T_{xx}$  – время на холостые перемещения, мин;

$L_{xxi}$  – путь пройденный  $i$ -м инструментом на холостом ходу, мм;

$S_{xxi}$  – скорость холостых ходов, мм/об;

$i$  - число холостых ходов  $i$ -го инструмента;

$T_{см.ин.}$  – время смены инструмента, мин;  $T_{см.ин.} = 0,05$  мин.

$$T_{xx} = \frac{\sum L_{xxi}}{S_{xx}} = \frac{106,42 + 224 + 151,77}{2000} = 0,24 \text{ мин}$$

Время на поворот резцедержателя  $T_{пр} = 0,04 \cdot 3 = 0,12$  мин.

Тогда:

$$T_a = \sum T_o + \sum T_{xx} + T_{пр} = 0,74 + 0,24 + 0,12 = 1,1 \text{ мин.}$$

Время на контрольные измерения  $t_{изм}=0,19 \cdot 10=1,9$  мин. Время на установку заготовки  $t_{уст}=0,5$  мин.

$$T_b = t_{уст} + t_{изм} = 0,5 + 1,9 = 2,4 \text{ мин.}$$

$$k_{тв} = 1; k = 5\% .$$

$$T_{всп} = T_b \cdot k_{тв} = 2,4 \cdot 1 = 2,4 \text{ мин.}$$

Штучное время рассчитаем по формуле:

$$T_{шт} = (T_a + T_{всп}) \left(1 + \frac{k}{2}\right) = (1,1 + 2,4) \cdot 1,25 = 3,875 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{N};$$

где  $T_{\text{пз}}$  - норма подготовительно заключительного времени, которая определяется как сумма слагаемых:

- Времени на наладку станка, зависящего от способа установки детали и количества инструментов, участвующих в выполнении операции;
- Времени, затрачиваемого в случаях работы с каким-либо дополнительным, нерегулярно встречающимся в работе приспособлением или устройством, предусмотренным технологическим устройством на данную операцию.

Определим  $T_{\text{пз}}$  по карте 49 [6]. Получаем:

$$T_{\text{пз}} = 19 \text{ мин.}$$

Тогда:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{N} = 7,05 + \frac{20,5}{2} = 17,3 \text{ мин.}$$

#### 4.9 Расчет усилия зажима приспособления

Выбранное приспособление для обработки заготовки – трехкулачковый самоцентрирующийся патрон. Заготовка базируется с упором в торец, соответственно необходимо рассчитать силу, которую приложить для предотвращения проворота заготовки в приспособлении на один кулачок.

$$Q = \frac{KM}{3fR}, \text{ где}$$

$K$  – коэффициент запаса;

$M$  – крутящий момент;

$R$  – радиус заготовки;

$f$  – коэффициент трения заготовки о поверхности кулачков.

$$M = \frac{N_{\text{рез}} * 10^3 * 60}{2 * \pi * n} = \frac{4,13 * 10^3 * 60}{2 * \pi * 954} = 41 \text{ Н} * \text{м, где}$$

$N_{\text{рез}}$  – мощность резания для черновой операции (кВт);

$n$  – частота вращения шпинделя (об/мин).

$$Q = \frac{KM}{3fR} = \frac{1,95 * 41}{3 * 0,25 * 0,014} = 7685 \text{ Н}$$

Коэффициент запаса рассчитывается под конкретные условия:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 = 1,5 * 1 * 1 * 1 * 1,3 * 1 = 1,95 [9], \text{ где:}$$

$K_0 = 1,5$  – гарантированный коэффициент для всех случаев;

$K_1 = 1$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности;

$K_2 = 1$  – коэффициент, учитывающий затупление инструмента в процессе работы на черновой операции;

$K_3 = 1$  – коэффициент, учитывающий увеличение силы при прерывистом резании;

$K_4 = 1,3$  – коэффициент, учитывающий постоянство силы зажима при ручном зажиме и удобном расположении рукояток;

$K_5 = 1$  – коэффициент, учитывающийся при наличии крутящих моментов, с ограниченной поверхностью контакта заготовки;

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Н21	Трифонову Михаилу Юрьевичу

<b>Институт</b>	<b>ИК</b>	<b>Кафедра</b>	<b>АРМ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Задание и тема выпускной квалификационной работы.
2. Обзор существующих решений.
3. Эскизный проект.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Определение потенциальных потребителей.
2. Анализ конкурентоспособности.
3. SWOT-анализ.

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент каф. менеджмент	Николаенко В.С.			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8Н21	Трифонов М.Ю.		

## **5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Экономическая оценка является важной частью исследовательской деятельности. Разработка должна не только выполнять свои функциональные назначения, но и быть финансово выгодной, как при производстве, так и при эксплуатации.

Объектом экономической части дипломной работы является мобильный учебный стенд для моделирования и демонстрации несоосности валов машин.

Цель - оценка конкурентоспособности и перспективности вывода изделия на рынок.

Задачи:

- Определение потенциальных потребителей;
- Анализ конкурентоспособности;
- SWOT – анализ.

В начале работы проведен обзор аналогов для определения целесообразности проведения работ по проектированию стенда. К потребителям можно отнести следующие компании:

- Высшие учебные заведения;
- Лаборатории;
- Учебные центры;
- Крупные машиностроительные предприятия;
- Крупные сервисные центры.

Услуги по центровке значительно дешевле, чем стоимость стенда для обучения персонала на предприятиях не относящихся к этой области, поэтому крупные предприятия при необходимости высокоточной центровки прибегают к услугам сторонних компаний в большинстве случаев. Наиболее заинтересованными в приобретении стендов могут быть учебные центры, машиностроительные кафедры университетов, крупные сервисные центры. Так как в университетах есть соответствующие дисциплины, наличие хорошего стенда поможет расширить навыки студентов. На территориях где располагаются различные предприятия, могут быть открыты учебные центры как на самих предприятиях, так и независимые для обучения персонала различных предприятий.

## **Анализ конкурентоспособности**

Анализ конкуренции позволяет определить вероятное место продукции на рынке среди компаний, производящих схожий продукт. Правильный анализ и оценка конкурентной среды предприятия позволяет создать устойчивое конкурентное преимущество продукта, выбрать правильные каналы коммуникации и понизить операционные риски. В условиях современного рынка, продукция может испытывать конкуренцию, как со стороны мирового рынка, так и со стороны фирм внутри страны.

Проектируемое изделие на первый взгляд имеет больше достоинств в сравнении с конкурентными изделиями, так как обладает более широким функционалом. Учитывая, что на рынке не представлено большое количество решений от разных производителей есть возможность конкурировать.

Наиболее перспективным и конкурентоспособным изделием на рынке является стенд компании ТИК и стенд компании Балтех. Оба стенда имеют возможность проведения обучения дополнительным тематикам, однако часть тематик относится к различным областям, что делает стенды разными.

Проектируемый в данной работе стенд занимает одну нишу вместе со стендом компании Балтех и является более конкурентоспособным, так как не требует доработок, и изначально будет являться комбинированным и иметь возможность устранять несоосность с помощью нескольких приспособлений, а не одного, как это представлено у всех рассмотренных стендов.

## **SWOT – анализ**

SWOT – вид ситуационного анализа, позволяющий оценить текущую и будущую конкурентоспособность товара компании на рынке с помощью анализа внутренней и внешней среды организации, а также соотношения ее сильных и слабых сторон. Для проведения качественного SWOT-анализа, необходимо провести такие анализы, как SNW и PEST (PESTLE), в нашем случае мы ими пренебрегаем. SWOT – анализ проекта представлен в таблице 8.

Таблица 8 – SWOT-анализ.

<b>С – Сильные стороны</b>	<b>Сл – Слабые стороны</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уникальность продукции.</li> <li>2. Использование отечественных компонентов.</li> <li>3. Широкий функционал.</li> <li>4. Много вариантность конечного продукта (ориентация на потребителя).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Наличие уникальных деталей в конструкции.</li> <li>2. Использование устаревших компонентов.</li> <li>3. Единичное производство.</li> </ol>
<b>В – Возможности</b>	<b>У – Угрозы</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Возможна адаптация к массовому и серийному производству.</li> <li>2. Возможности быстрого роста спроса и развитие.</li> <li>3. Возможен приток частного капитала.</li> <li>4. Возможность сотрудничества.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нестабильное финансирование.</li> <li>2. Высокая конкуренция.</li> </ol>

Составим матрицу сильных сторон и возможностей, результаты занесем в таблицу 9.

Таблица 9 – Матрица сильных сторон и возможностей

		Возможности проекта			
		B1	B2	B3	B4
Сильные стороны проекта	C1	Простота конструкции позволяет без радикальных изменений производить серийный выпуск изделия.	Уникальность продукции способствует быстрому росту спроса	Уникальность продукции способствует возможному притоку капитала.	Уникальность изделия способствует привлечению компаний к взаимовыгодному сотрудничеству.
	C2	Использование отечественных	Снижение себестоимости	Поддержка отечественного	Поддержка отечественного

		компонентов позволяет удешевить конечный продукт.	способствует быстрому росту спроса.	производителя способствует притоку частного капитала.	производителя приведет к взаимовыгодному сотрудничеству.
	C3	-	Более широкий функционал изделий способен заинтересовать больше потребителей.	-	-
	C4	-	Ориентация на потребность заказчика позволит увеличить спрос	Ориентация на потребителя позволит задеть большую часть рынка, что позволит привлечь частный капитал заинтересованн ых лиц.	Потребность в большем количестве компонентов приведет к расширению связей на рынке.

Сопоставление слабых сторон и угроз отображается в таблице 10.

Составление этой таблицы позволит оценить целесообразность выведения в серийное производство, возможно, позволит выявить скрытые сильные стороны.



Таблица 10 – Матрица слабых сторон и угроз.

Слабые стороны проекта		Угрозы	
		У1	У2
	Сл1	-	Использование уникальных компонентов усложняет конструкцию.
	Сл2	Использование устаревших компонентов может позволить найти компании готовые к сотрудничеству по сбыту устаревших компонентов пригодных для работы.	Использование устаревших компонентов делает изделие менее ремонтпригодным.
	Сл3	Единичное и мелкосерийное производство не является источником постоянной прибыли от производства конкретного изделия, что отталкивает возможные источники финансирования.	-

Как можно заметить из таблицы слабых сторон и угроз, некоторые слабости могут быть сильными сторонами при определенном стечении обстоятельств. Выявленные угрозы и минусы в совокупности не представляют значительной опасности при выходе на рынок, так как изделие конкурентоспособно, а на рынке практически нет конкурентов.

Вывод:

Установили, что изделие, при выходе в серийное производство будет конкурентоспособным, так как на рынке практически нет конкурентов, а проектируемое

изделие имеет свои плюсы, которых нет у других изделий. Так же проектируемое изделие будет занимать свободную на данный момент нишу на рынке учебных стендов. В настоящий момент среди высших учебных заведений идет конкуренция за выход в сто лучших в мире. Как следствие развитие университетов и попытки выхода на мировой уровень образования среди российских высших учебных заведений подтолкнет их на развитие учебных лабораторий и приобретение нового оборудования.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Н21	Трифонову Михаилу Юрьевичу

Институт	ИК	Кафедра	АРМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>4. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования).</i></p>	<p><i>Помещение закрытого типа с естественной вентиляцией воздуха. Помещение имеет как искусственный, так и естественный источник освещения. Основное рабочее оборудование – ПЭВМ.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>– Вредные факторы производственной среды: недостаточное освещение, повышения уровня шума, микроклимат, превышение электромагнитных и ионизирующих излучений; монотонный режим работы.</i></li> <li><i>– Опасные факторы среды: электрический ток, влияние на зрение.</i></li> <li><i>– Негативное влияние на окружающую среду: бытовые отходы.</i></li> <li><i>– Чрезвычайные ситуации: пожар.</i></li> </ul>
<p>5. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>– ГОСТ 12.0.003-74 (с измен. 1999 г.)</i></li> <li><i>– ГОСТ 12.1.004 «Пожарная безопасность»</i></li> <li><i>– ГОСТ 12.1.010-76 «Взрывобезопасность»</i></li> <li><i>– Правила устройства электроустановок.</i></li> <li><i>– ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00</i></li> <li><i>– СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 (с измен. 2010 г.)</i></li> <li><i>– СН 2.2.4/2.1.8.562-96.</i></li> <li><i>– СН 2.2.4/2.1.8.556-96.</i></li> </ul>

<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Вредные факторы возникают из-за ПЭВМ.</li> <li>– Негативные электромагнитное и ионизирующее излучения отрицательно влияют на иммунную, нервную, эндокринную и дыхательную системы. Шум негативно влияет на психофизиологическое состояние.</li> <li>– СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Напряженность электрического поля в диапазоне частот 5 Гц– 2 кГц не должна превышать 25 В/м, а в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц не больше 2,5 В/м.</li> <li>– СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. При нахождении на рабочем месте в процессе трудовой деятельности на ПЭВМ уровень звукового давления не должен превышать 50 дБА.</li> <li>– Уменьшение мощности блока питания компьютера, сокращение времени пребывания за компьютером, перерывы.</li> </ul>
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Механические опасности</li> <li>– перегружена)</li> <li>– Возможные причины пожара: возникновение КЗ в проводке.</li> </ul>
3. Охрана окружающей среды.	– Бытовые отходы. Отходы, ПЭВМ.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Возможные ЧС: пожар.</li> <li>– Пожар.</li> <li>– Устройства оповещения при эвакуации, вызов пожарных.</li> </ul>
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	– антропометрическим факторам.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Пустовойтова М.И.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8н21	Трифонов М.Ю.		

## **6. Социальная ответственность**

В данной работе был спроектирован мобильный учебный стенд для моделирования и демонстрации несоосности валов машин, были проведены все необходимые технические расчеты и конструирование с помощью различных программных комплексов, текстовых и графических редакторов. На основе этого рабочим местом принято место работы оператора ПК (персонального компьютера).

Внедрение ЭВМ имеет как положительные, так и отрицательные моменты. С одной стороны, это обеспечение более высокой эффективности производства за счет совершенствования технологического процесса и повышение производительности труда, а с другой - увеличение нагрузки на работающих в связи с интенсификацией производственной деятельности и специфическими условиями труда. Поэтому необходимо знать какие условия предъявляются к рабочему месту для минимизации воздействий вредных факторов и повышения эффективности трудовой деятельности. Главной особенностью работы на ПК является постоянное и значительное напряжение функций зрительного анализатора. [12]

Данный раздел ВКР посвящен анализу воздействующих в процессе работы опасных и вредных факторов и выработке методов защиты от негативного действия этих факторов. Произведен анализ вредных факторов таких как: микроклимат в помещении, шум, электромагнитные излучения. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, защиты в случае чрезвычайной ситуации, а так же правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

### **Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды**

Проектирование рабочей (производственной) среды сфокусировано на том, чтобы ее физические, химические и биологические факторы на рабочем месте не только не оказывали вредного воздействия на людей, но и способствовали сохранению их здоровья, обуславливали проявление способностей и стимулировали желание выполнять рабочие задачи.

Рабочее место находится в офисном помещении. Площадь помещения составляет  $24\text{ м}^2$  (длина  $A=6\text{ м}$ , ширина  $B=4\text{ м}$ ), объем составляет  $60\text{ м}^3$  (высота  $C=2,5\text{ м}$ ). Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [13] площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ составляет  $12\text{ м}^2$  и  $30\text{ м}^3$  объема на одного человека [13]. В помещении работает 2 человека, следовательно, нормы по площади и объему выполняются.

При работе с ПК можно столкнуться с рядом вредных факторов и опасностей, к числу которых относятся: недостаточная освещенность рабочей зоны; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенная или пониженная подвижность воздуха; повышенный уровень электромагнитных излучений; повышенный уровень статического электричества; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека.

Значительным физическим фактором является микроклимат рабочей зоны, особенно температура и влажность воздуха.

Требования к влажности окружающей среды, и температуре, а так же скорости воздуха в различные периоды года представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Оптимальные климатические условия.

Период года	Температура воздуха, °C	Скорость движения воздуха, м/с	Относительная влажность воздуха, %
Холодный	22-24	До 0.1	40-60
Теплый	23-25	0.1-0.2	40-60

Требования предъявляемые к помещениям в которых работают операторы ЭВМ:

1. Воздух, поступающий в рабочие помещения операторов ЭВМ, должен быть очищен от загрязнений, в том числе от пыли и микроорганизмов. Патогенной микрофлоры быть не должно.
2. Кондиционирование воздуха должно обеспечивать поддержание параметров микроклимата в необходимых пределах в течение всех сезонов года. Температура подаваемого воздуха должна быть не ниже 19°C.
3. Поверхность пола в помещениях должна быть, ровной, без выбоин, нескользкой, удобной для очистки и влажной уборки. Покрытия рабочих столов и пола должны обладать антистатическими свойствами и сохранять их в процессе эксплуатации.
4. В помещениях ежедневно должна проводиться влажная уборка.

В помещении осуществляется естественная и искусственная вентиляция посредством наличия оконного проема (форточки), дверного проема и кондиционера.

Одним из наиболее опасных в производстве вредных факторов является шум. Шум – это совокупность аperiодических звуков различной интенсивности и частоты (шелест,

дребезжание, скрип, визг и т.п.), способных оказывать неблагоприятное воздействие на организм.

1. Уровень шума на рабочих местах не должен превышать 50 дБ.
2. Шумящее оборудование, уровни шума которого превышают нормированные, должно находиться вне помещения с компьютерами.
3. Производственные помещения, в которых для работы используются преимущественно персональные компьютеры, не должны граничить с помещениями, в которых уровни шума и вибрации превышают нормируемые значения.

Источником электромагнитных излучений в являются дисплеи ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50см вокруг ВДТ (видеодисплейный терминал) не должна превышать 25 В/м в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц и 2,5 В/м - в диапазоне от 2 до 400 кГц [13]. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250 нТл и 25 нТл - в диапазоне от 2 до 400 кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500 В [13]. Рабочее место оборудовано ПЭВМ типа Acer Aspire, имеющими характеристики: напряженность электромагнитного поля 2,5 В/м; поверхностный потенциал составляет 420 В [14].

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 конструкция ВДТ и ПЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от корпуса не более 0,1 мбэр/ч (100мкР/ч). Предел дозы облучения для работников ВЦ (операторы, программисты) составляет 0,5 бэр/год.

Освещение рабочего места - важнейший фактор создания нормальных условий труда. Действие на человека недостаточной освещенности рабочей зоны и пониженной контрастности. Неудовлетворительное освещение утомляет не только зрение, но и вызывает утомление всего организма в целом.

Освещенность рабочего места, согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-0 [13], должна быть не менее 300-500 лк, что может достигаться установкой местного освещения.

Таблица 12–Нормы естественного и искусственного освещения

Характеристика зрительной работы	Наименьший объем различения, мм	Искусственное освещение, лк	
		Комбинированное	Общее
Высокая точность	0,3–0,5	750	300

Требования, предъявляемые к помещениям в которых работают операторы ЭВМ:

1. Помещения, предназначенные для размещения рабочих мест пользователей персональных компьютеров, должны иметь естественное и искусственное освещение.
2. Оконные проемы в помещениях, предназначенных для использования компьютеров, необходимо оборудовать устройствами регулирования интенсивности естественного освещения типа жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

### **Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды**

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединение с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования.

Во время нормального режима работы оборудования опасность электропоражения крайне мала, однако, возможны аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении неизолированного от земли человека к неизолированным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;
- при возможном коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания, блоке развертки монитора.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются [15]:

- изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника;



- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

Электрический ток, проходя через тело человека, оказывает на него сложное воздействие, являющееся совокупностью термического, электролитического, биологического и механического воздействий, что приводит к различным нарушениям в организме, вызывая как местные повреждения тканей и органов, так и общее его поражение.

Термическое действие тока проявляется в ожогах тела, нагреве и повреждении органов, что вызывает их серьезные функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока проявляется в разложении крови и других жидкостей в организме, вызывает значительные нарушения их физико-химического состава, а также ткани в целом.

Механическое действие тока проявляется в разрывах кожи, кровеносных сосудов, нервной ткани, а также вывихах суставов и даже переломах костей вследствие резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека.

Биологическое действие тока выражается главным образом в нарушении биологических процессов, протекающих в живом организме, что сопровождается разрушением и возбуждением тканей и сокращением мышц.

Любое из указанных воздействий может привести к электрической травме, т.е. к повреждению организма, вызванному воздействием электрического тока или электрической дуги.

Первая помощь при поражении электрическим током:

1. Обеспечить свою безопасность. Надеть сухие перчатки (резиновые, шерстяные, кожаные и т.п.), резиновые сапоги. По возможности отключить источник тока. При подходе к пострадавшему по земле идти мелкими, не более 10 см, шагами.
2. Сбросить с пострадавшего провод сухим токонепроводящим предметом (палка, пластик). Оттащить пострадавшего за одежду не менее чем на 10 метров от места касания проводом земли или от оборудования, находящегося под напряжением.
3. Вызвать (самостоятельно или с помощью окружающих) «скорую помощь».
4. Определить наличие пульса на сонной артерии, реакции зрачков на свет, самостоятельного дыхания.
5. При отсутствии признаков жизни провести сердечно-легочную реанимацию.
6. При восстановлении самостоятельного дыхания и сердцебиения придать пострадавшему устойчивое боковое положение.

7. Если пострадавший пришел в сознание, укрыть и согреть его. Следить за его состоянием до прибытия медицинского персонала, может наступить повторная остановка сердца.

### **Охрана окружающей среды**

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды. К таким веществам относятся:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- ртуть (поражает мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу) [16];

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации. В этот комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- металлические части переплавляются для последующего производства;
- неметаллические части компьютера подвергаются специальной переработке;

В настоящее время ведется создание и внедрение безотходной технологии в ряде отраслей промышленности, однако полный перевод ведущих отраслей промышленности на безотходную технологию потребует решения большого комплекса весьма сложных технологических, конструкторских и организационных задач.

### **Защита в чрезвычайных ситуациях**

В помещении имеется электропроводка напряжением 220 В, предназначенная для питания вычислительной техники и освещения. При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической цепи может произойти возгорание, которое грозит уничтожением техники, документов и другого имеющегося оборудования.

Данное помещение относится к категории Д (наличие твердых сгораемых вещей). Необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- технические и конструктивные, связанные с правильным размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Организационные мероприятия:

- Противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- Обучение персонала правилам техники безопасности;
- Издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- Соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- Обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- Содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В коридоре имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, рубильник, на двери приведен план эвакуации в случае пожара, и, на досягаемом расстоянии, находится пожарный щит.

Наиболее дешевым и простым средством пожаротушения является вода, поступающая из обычного водопровода. Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, находящиеся в специальных шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах первичных средств огнетушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор.

Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться огнетушители углекислотные типа ОУ-2 или порошковые типа ОП-5. Кроме устранения самого очага пожара нужно своевременно организовать эвакуацию людей.

### **Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Обеспечение безопасности на рабочем месте подразумевает различные правовые и организационные решения.

Для осуществления практической деятельности в области обеспечения безопасности жизнедеятельности необходимо соблюдение нормативов и правил ведения соответствующих работ, позволяющие их обеспечить. Соблюдение рабочего режима, правил ведения работ и т.д.

Согласно СанПиН [13] при размещении рабочих мест с ПЭВМ:

1. Рабочее место пользователя компьютера должно быть расположено по отношению к световым проемам таким образом, чтобы естественный свет падал на него сбоку. Рекомендуемое направление естественного света – слева, допускаемое – справа. Не

допускается располагать рабочие места таким образом, чтобы естественный свет падал на них со стороны спины или лица пользователя.

2. При размещении рабочих мест с компьютерами необходимо учитывать расстояния между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора), которое должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м.

3. Проходы между рабочими местами должны иметь ширину, обеспечивающую беспрепятственное перемещение персонала без прикосновения к оборудованию или материалам, расположенным на рабочем месте. Минимально необходимая ширина – 0,6 м, оптимальная – 0,9 м.

4. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

5. Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

6. Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

7. Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

8. Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

### **Заключение**

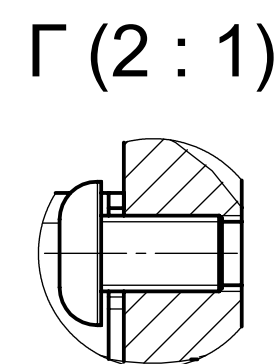
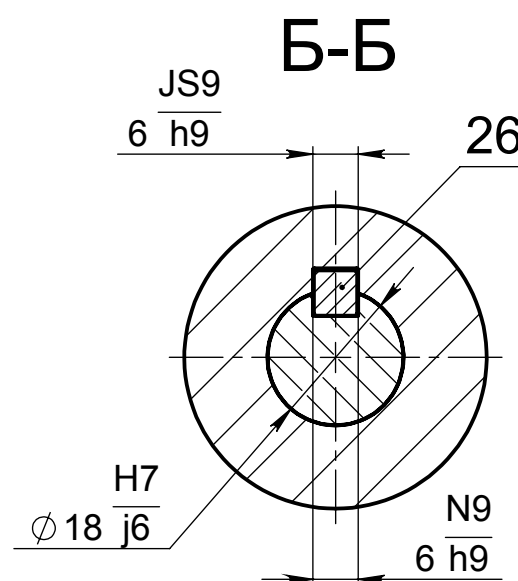
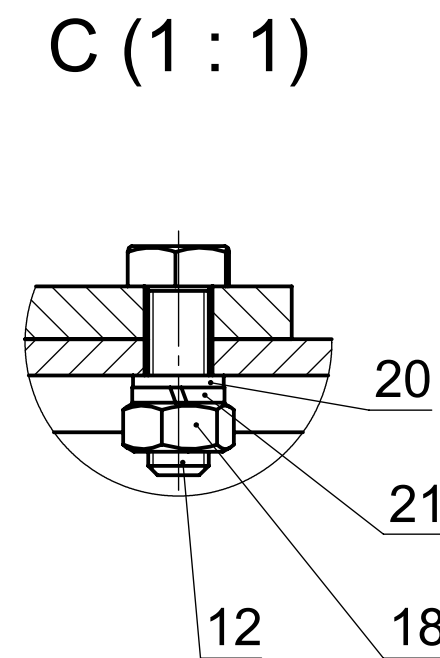
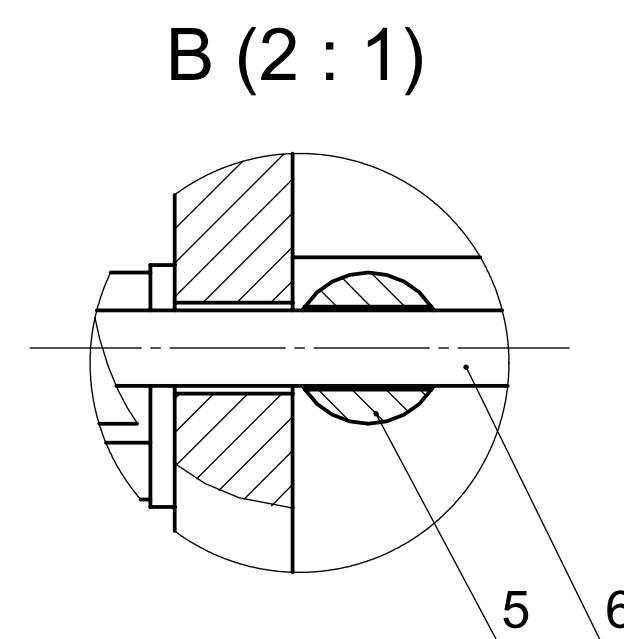
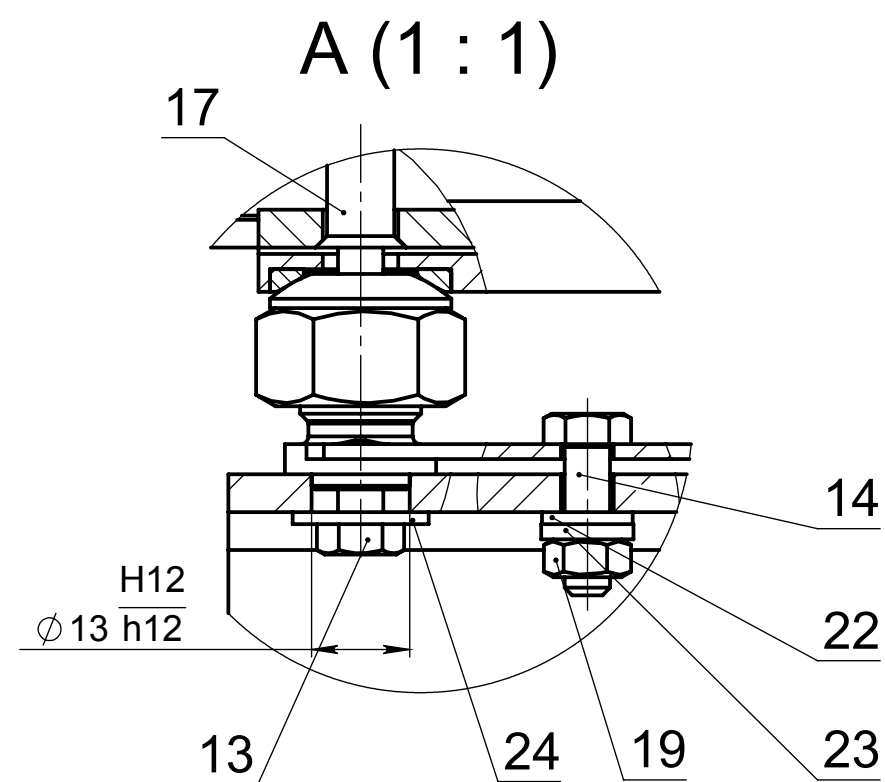
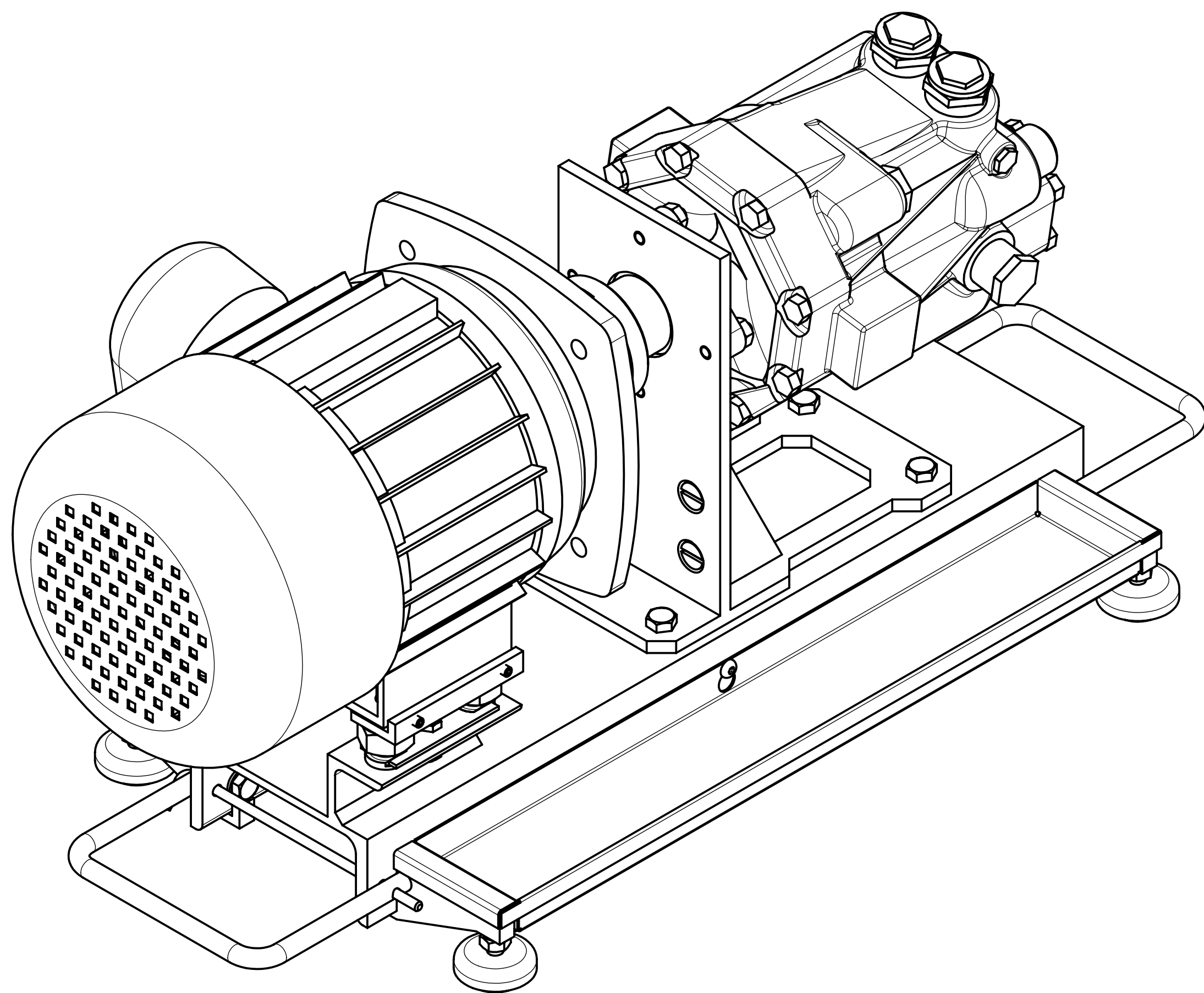
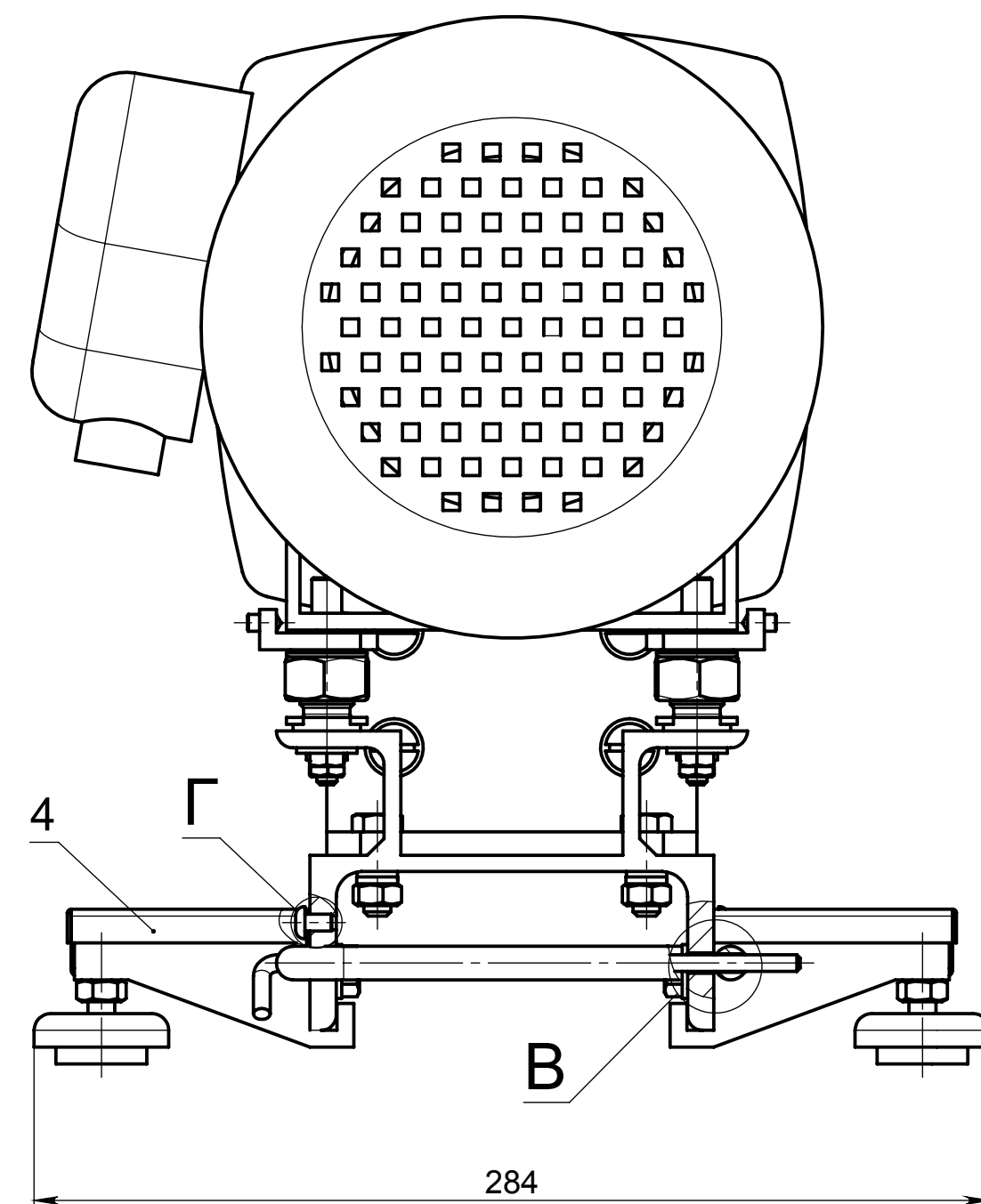
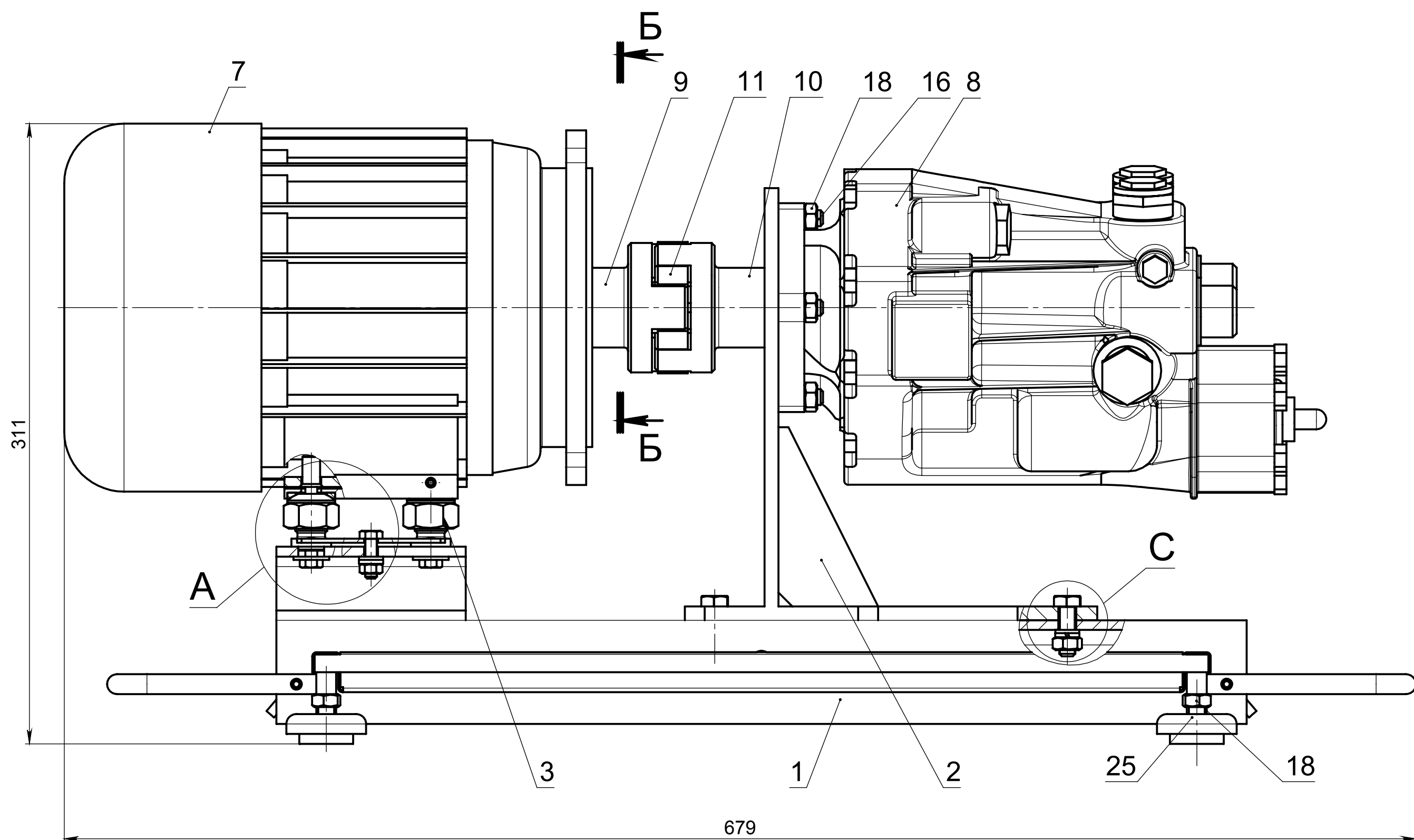
В ходе выполнения работы был спроектирован учебный стенд для демонстрации всех видов несоосности валов машин с учетом предъявляемых требований. Помимо центровки на стенде возможно обучение вибродиагностике дефектов. На этапе обзора аналогов были выявлены не только представленные решения, на основании чего в конструкции появилась возможность регулировки положения электродвигателя несколькими способами и

возможность вибродиагностики несоосности. Помимо этого была оценена возможность серийного производства спроектированных станков, оценены возможности и угрозы со стороны конкурентов. Изделие оказалось конкурентоспособным и способным занять свою нишу на рынке. Был разработан технологический процесс на изготовление полумуфты, но в последующем типоразмер изменился, и снизились требования к качеству поверхностей. Были разработаны необходимые чертежи для изготовления компонентов станка, обоснован список стандартных компонентов необходимых для приобретения и сформирован заказ. На выходе получили готовое изделие.

#### **Список использованной литературы.**

1. Методы центровки [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Электрон. текстовые дан. и электрон. граф. дан. Baltech URL: <http://www.baltech.ru/catalog.php?catalog=128#p1>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. рус. Дата обращения 17.03.2016
2. Использование пускового конденсатора для электродвигателя [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Электрон. текстовые дан. и электрон. граф. дан. elektro.guru URL: <http://elektro.guru/elektrooborudovanie/elektrodvigatel/ispolzovanie-puskovogo-kondensatora-dlya-elektrodvigatelya.html>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. рус. Дата обращения 20.03.2016
3. Определение емкостей фазосдвигающих конденсаторов. [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Электрон. текстовые дан. и электрон. граф. дан. Электроснабжение дома URL: <http://sxemy.ru/muzhik-v-dome/opredelenie-emkostey-fazosdvigayushhih.html>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. рус. Дата обращения 20.03.2016
4. Виды равновесия твердого тела. [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Электрон. текстовые дан. и электрон. граф. дан. Студопедия URL: [http://studopedia.ru/14\\_42572\\_vidi-ravnovesiya-tverdogo-tela.html](http://studopedia.ru/14_42572_vidi-ravnovesiya-tverdogo-tela.html), свободный. – Загл. С экрана. – Яз. рус. Дата обращения 18.03.2016
5. Косов О.Д. Методика расчета на прочность резьбовых соединений : метод. указания / сост. С. Л. Лебский, М. М. Матлин, А. В. Попов, А. А. Тютюшев, И. М. Шандыбина ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2010. – 32 с.
6. Анурьев В. И. Справочник конструктора - машиностроителя: В 3-х т. Т. 1.-8-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 2001.-920 с., ил.
7. Радкевич Я.М. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. для машиностроит. спец. вузов/ под ред. В.А. Тимирязева. – М.: Высш. шк., 2004.– 272с.: ил.
8. Косилова А.Г. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 496с., ил.

9. Антонюк В.Е. В помощь молодому конструктору станочных приспособлений. Издательство «Беларусь», 1986 г.–350 с.
10. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика машиностроителя: Т.2/ Под ред. Е.И. Стружестраха. М.: Машиностроение, 1961. 826с.
11. Sandvik Coromant CoroGuide. Рекомендации по выбору инструмента. URL://<http://toolguide.sandvik.coromant.com/touchTime>. Режим доступа – с главного экрана. Дата обращения 23.04.2016
12. Романенко С.В Социальная ответственность – С.В. Романенко, Ю.В. Анищенко – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 11 с.
13. Гигиенические требования к электронно-вычислительным машинам и организации работы. Санитарные правила и нормы 2.2.2 2.4.1340 – 03. – М., 2003
14. Основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76.
15. Правила устройства электроустановок. Минэнерго СССР, 6-е издание – Энергоатомиздат, 1996. – 640с.
16. ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.



### Технические характеристики:

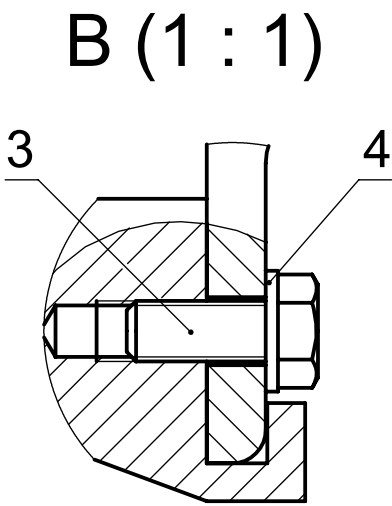
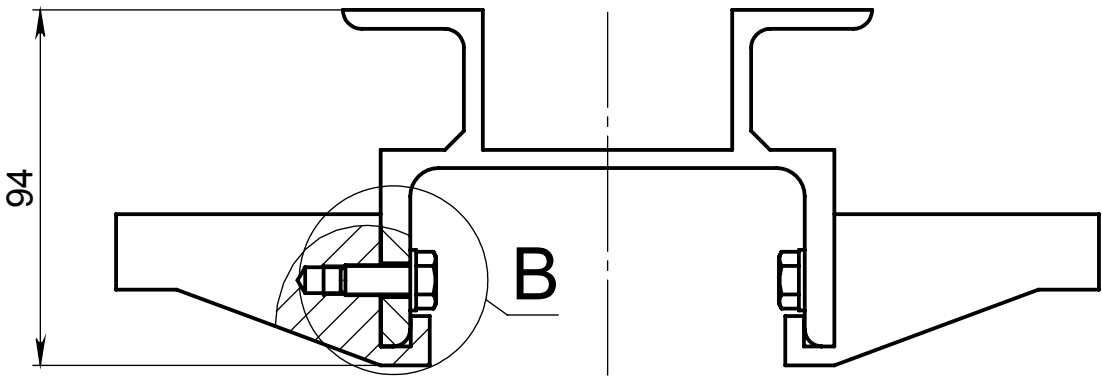
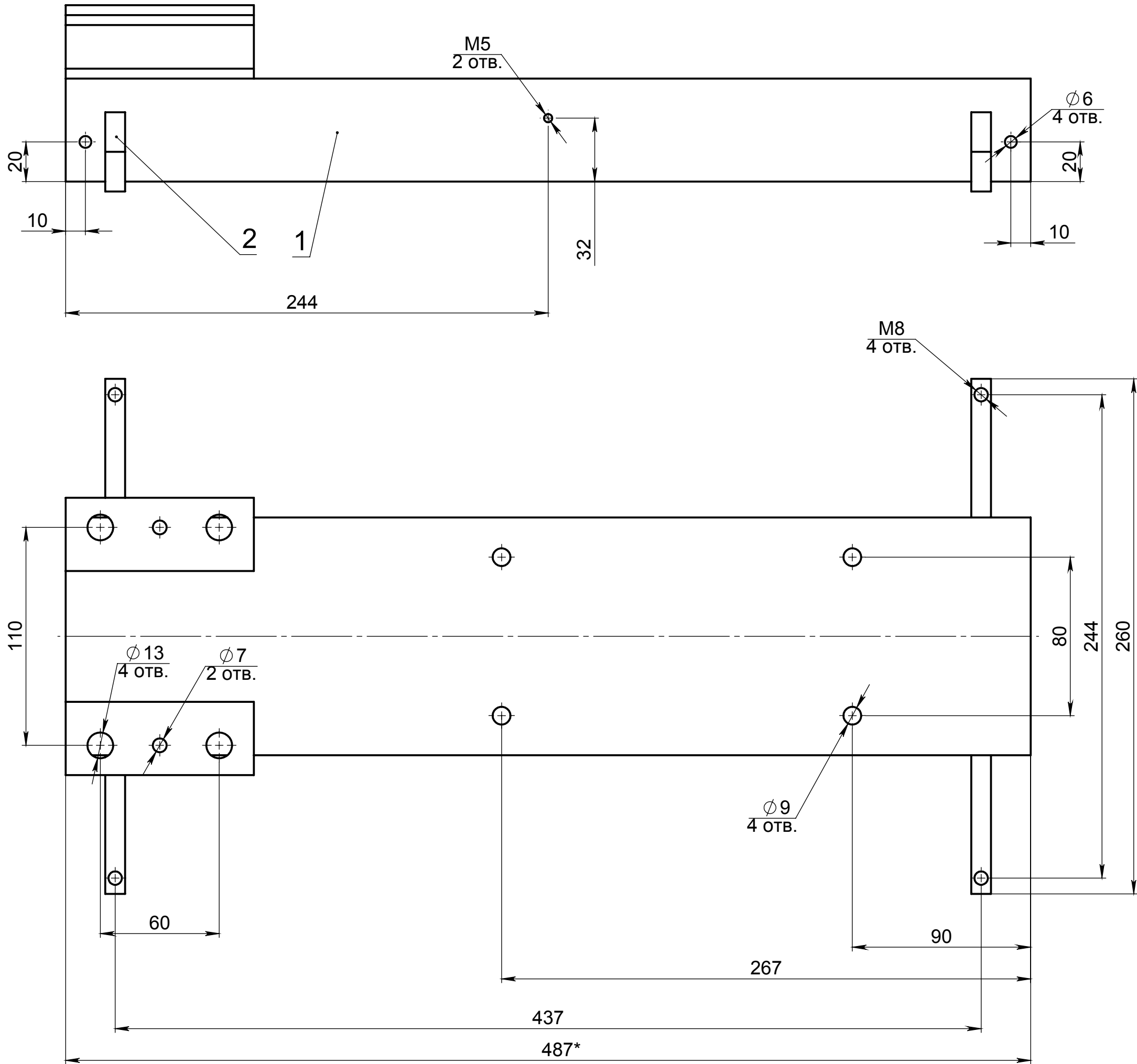
1. Регулировка положения электродвигателя в горизонтальной и вертикальной плоскости - 3 мм;
2. Номинальная частота вращения 1350 об/мин;
3. Ручки для переноски стэнда и лотки для ключей съемные;
4. Грузоподъемность вибропопры - 25 кг;
5. Масса 40,5 кг;
6. Габаритные размеры 674x284x311.

### Технические требования:

1. При установке винта поз. 27 использовать резьбовой фиксатор синий (зеленый).

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
				<u>Сборочные единицы</u>		
A3		1	ФЮРА.301311.001.СБ	Рама	1	
A3		2	ФЮРА.301560.002.СБ	Кронштейн	1	
A3		3	ФЮРА.301318.003.СБ	Винтовой домкрат	2	
				<u>Детали</u>		
A4		4	ФЮРА.323370.001	Лоток	2	
A4		5	ФЮРА.304517.002	Ручка	2	
A4		6	ФЮРА.304592.003	Фиксатор	2	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		7		Электродвигатель АОЛ2-11-4	1	
		8		Гидронасос	1	
		9		Муфта 26-18-1	1	
				ГОСТ Р 50894-96		
		10		Муфта 26-14-1	1	
				ГОСТ Р 50894-96		
		11		Звездочка 26	1	
				ГОСТ Р 50894-96		
		12		Болт М8х25 ГОСТ 7805-70	4	
		13		Болт М6х50 ГОСТ 7805-70	4	
		14		Болт М6х20 ГОСТ 7805-70	2	
		16		Шпилька 8х30 ГОСТ 22038-76	4	
		17		Резьбовая заклепка М6	4	
		18		Гайка М 8 ГОСТ 5927-70	12	
		19		Гайка М 6 ГОСТ 5927-70	2	
		20		Шайба 8 ГОСТ 6958-78	4	
		21		Шайба 8 ГОСТ 6402-70	4	
		22		Шайба 6 ГОСТ 6958-78	4	
		23		Шайба 6 ГОСТ 6402-70	2	
		24		Шайба 6 ГОСТ 11371-78	2	
		25		Виброопора HR98-1	4	
		26		Шпонка 6х6х20 ГОСТ 23360-78	1	
		27		Винт М5х8 ГОСТ 28963-91	2	
				<u>Комплекты</u>		
				Ключ гаечный 10х13 ГОСТ 2839-80	2	
				Ключ гаечный 22х24 ГОСТ 2839-80	1	
				Имбусовый ключ 2,5	1	

					ФЮРА.303369.000.СБ				
					Стенд по центровке валов Сборочный чертеж	Лит.		Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				40.86	1:2
Разраб.		Трифонов М.Ю.							
Пров.		Сикора Е.А.							
Т. контр.						Лист 1	Листов 1		
Н. контр.									
Утв.									



1. \* - Размеры для справок;  
2. При сборке использовать синий (зеленый ) резьбовой фиксатор для средней фиксации. Фиксатор наносить в соответствии с инструкцией.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
				Детали		
A3		1	ФЮРА.301311.001	Рама	1	
A4		2	ФЮРА.301320.002	Лапа	4	
				Стандартные изделия		
		3		Болт М8х20 ГОСТ 7805-70	4	
		4		Шайба 8 ГОСТ 11371-78	4	

					ФЮРА.301311.001.СБ								
					Рама  Сборочный чертеж    1 шт.				Лит.		Масса	Масштаб	
												6.17	1:2
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					Лист 1		Листов 1		
Разраб.		Трифонов М.Ю.											
Пров.		Сикора Е.А.											
Т. контр.													
Н. контр.													
Утв.													

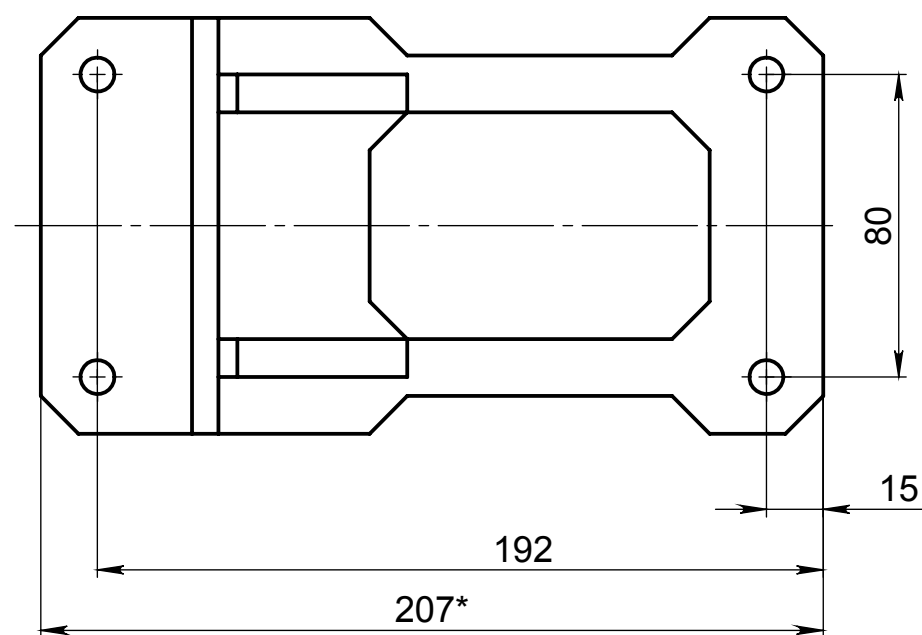
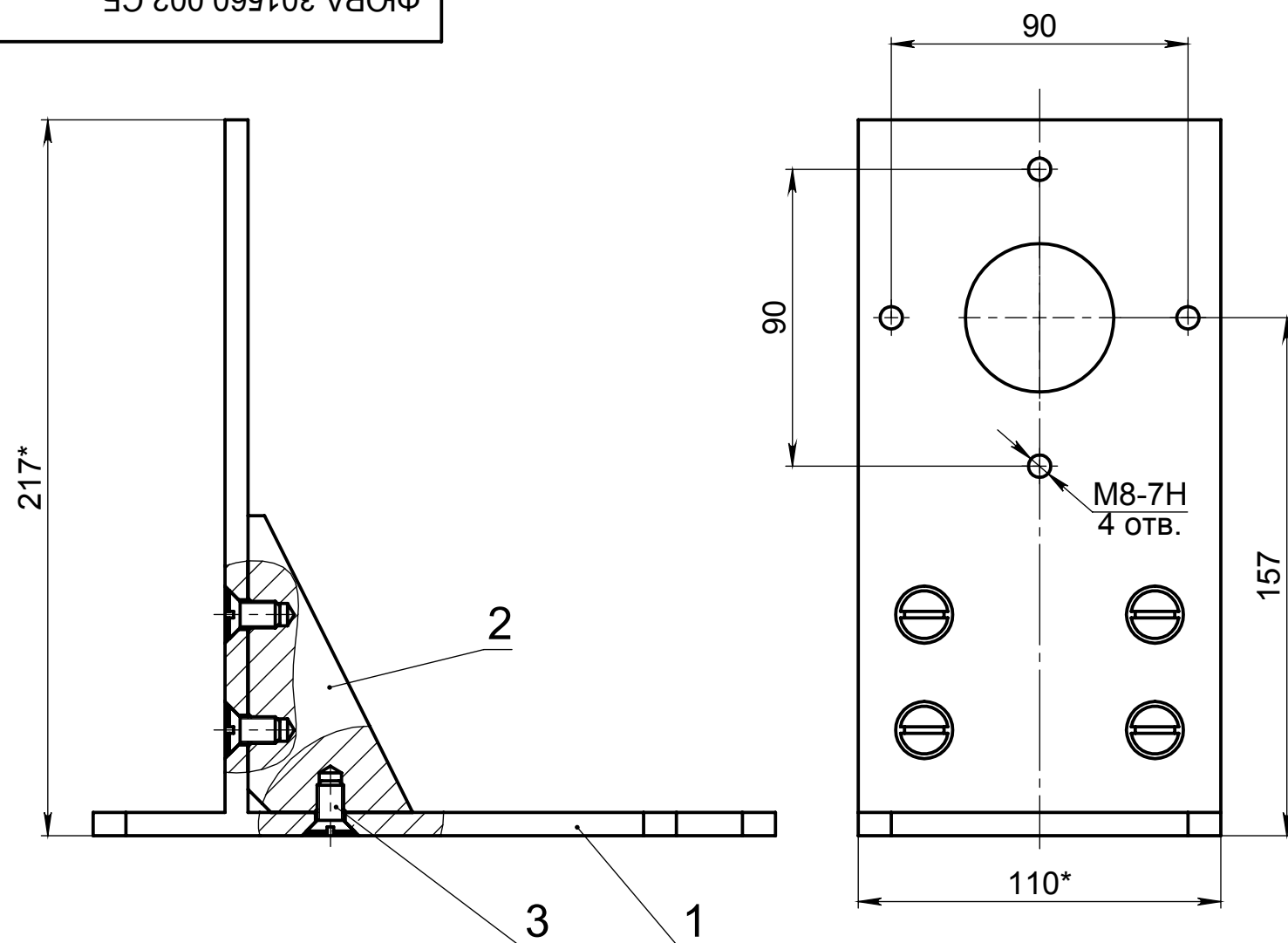
ФЮРА.301311.001.СБ

Рама

Сборочный чертёж 1 шт.



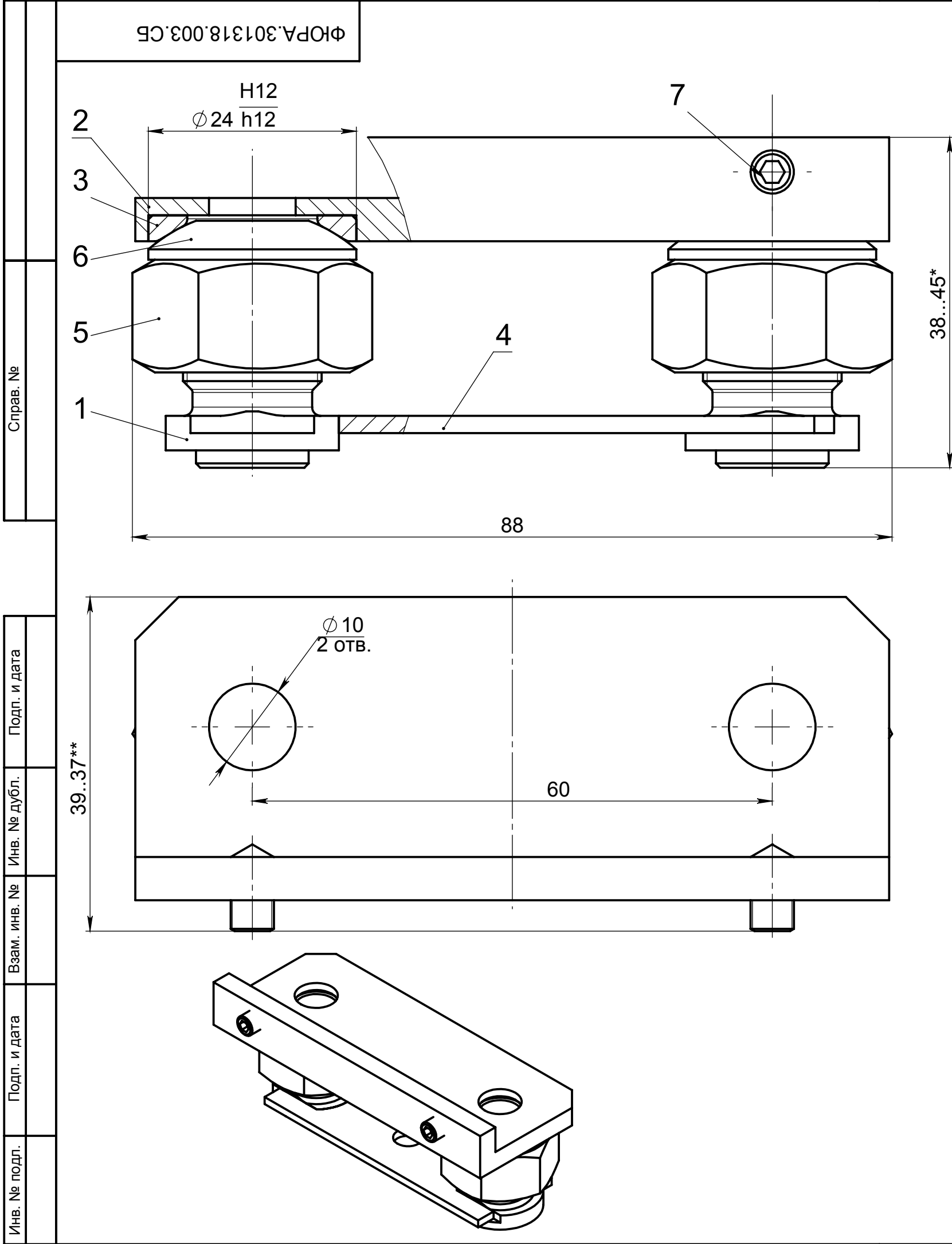
ΦЮРА.301560.002.СБ

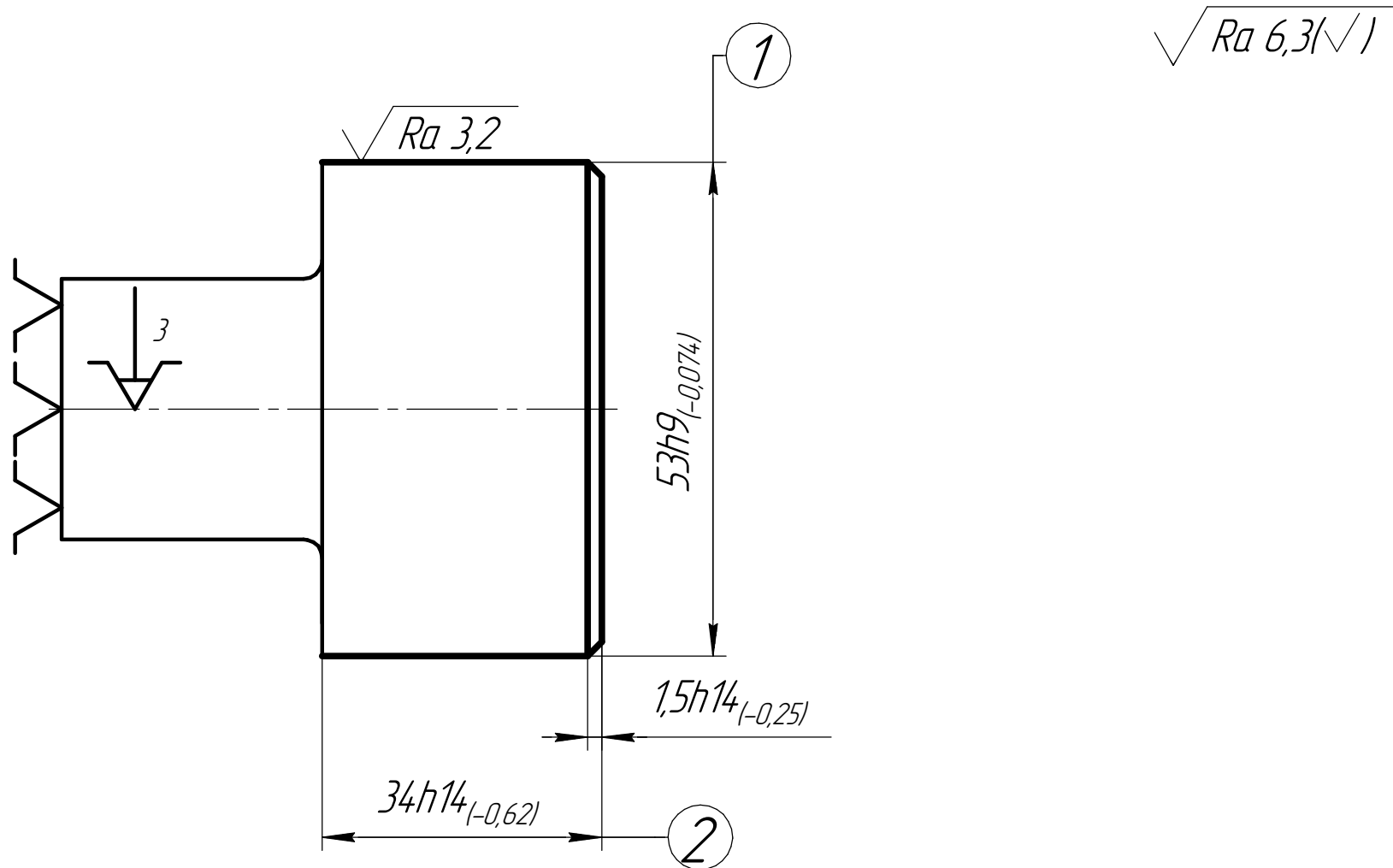


1. \* - Размеры для справок;
2. При сборке использовать синий (зеленый ) резьбовой фиксатор для средней фиксации. Фиксатор наносить в соответствии с инструкцией.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
				<u>Детали</u>		
A3		1	ФЮРА.301560.001	Кронштейн	1	
A4		2	ФЮРА.301711.002	Ребро жесткости	2	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		3		Винт М 8 x 16 ГОСТ 17475-80	6	

					ФЮРА.301560.002.СБ									
					Кронштейн  Сборочный чертеж 1 шт.					Лит.		Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата									2.33	1:2
Разраб.	Трифонов М.Ю.													
Пров.	Сикора Е.А.													
Т. контр.														
										Лист 1		Листов 1		
Н. контр.														
Утв.														



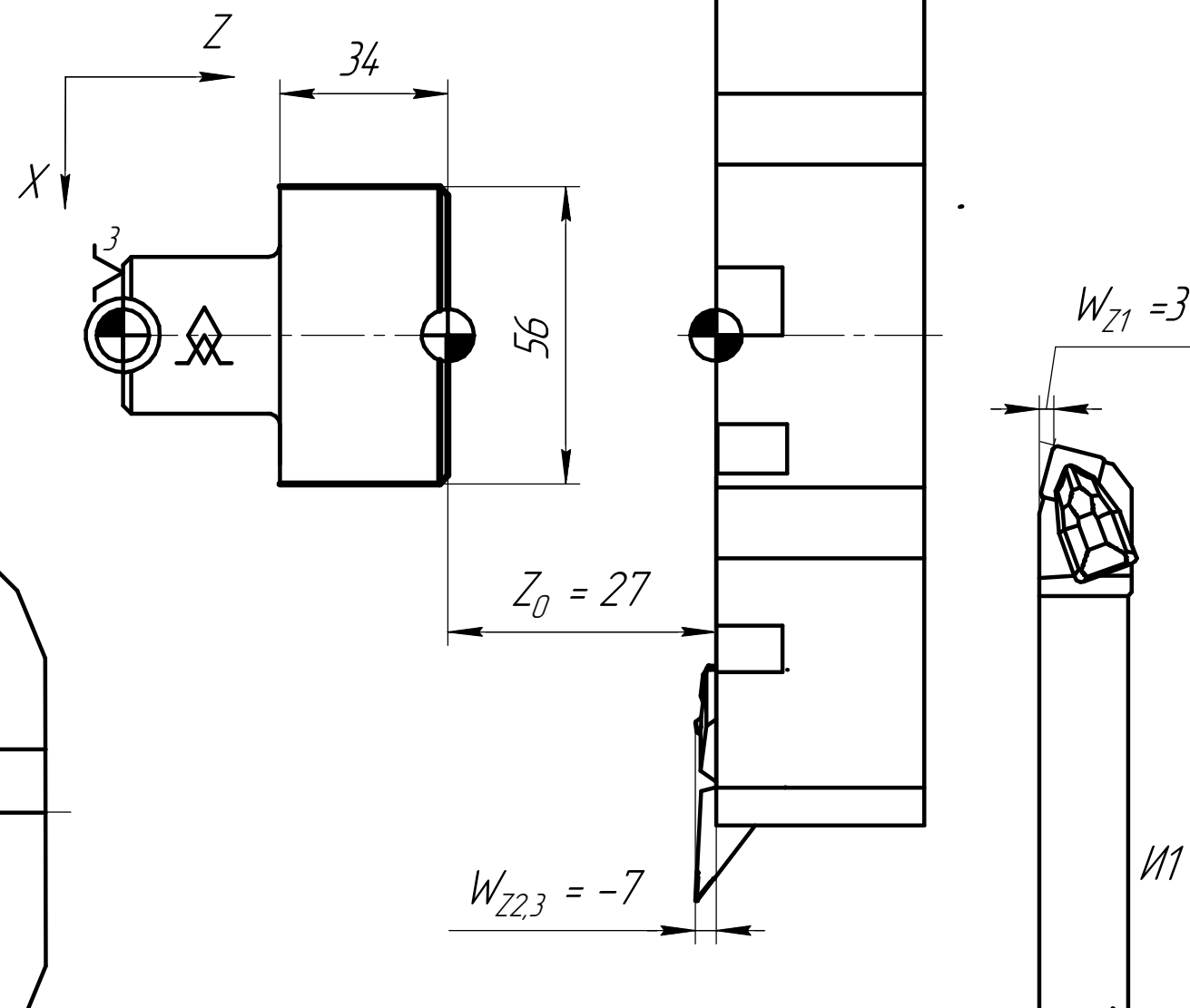
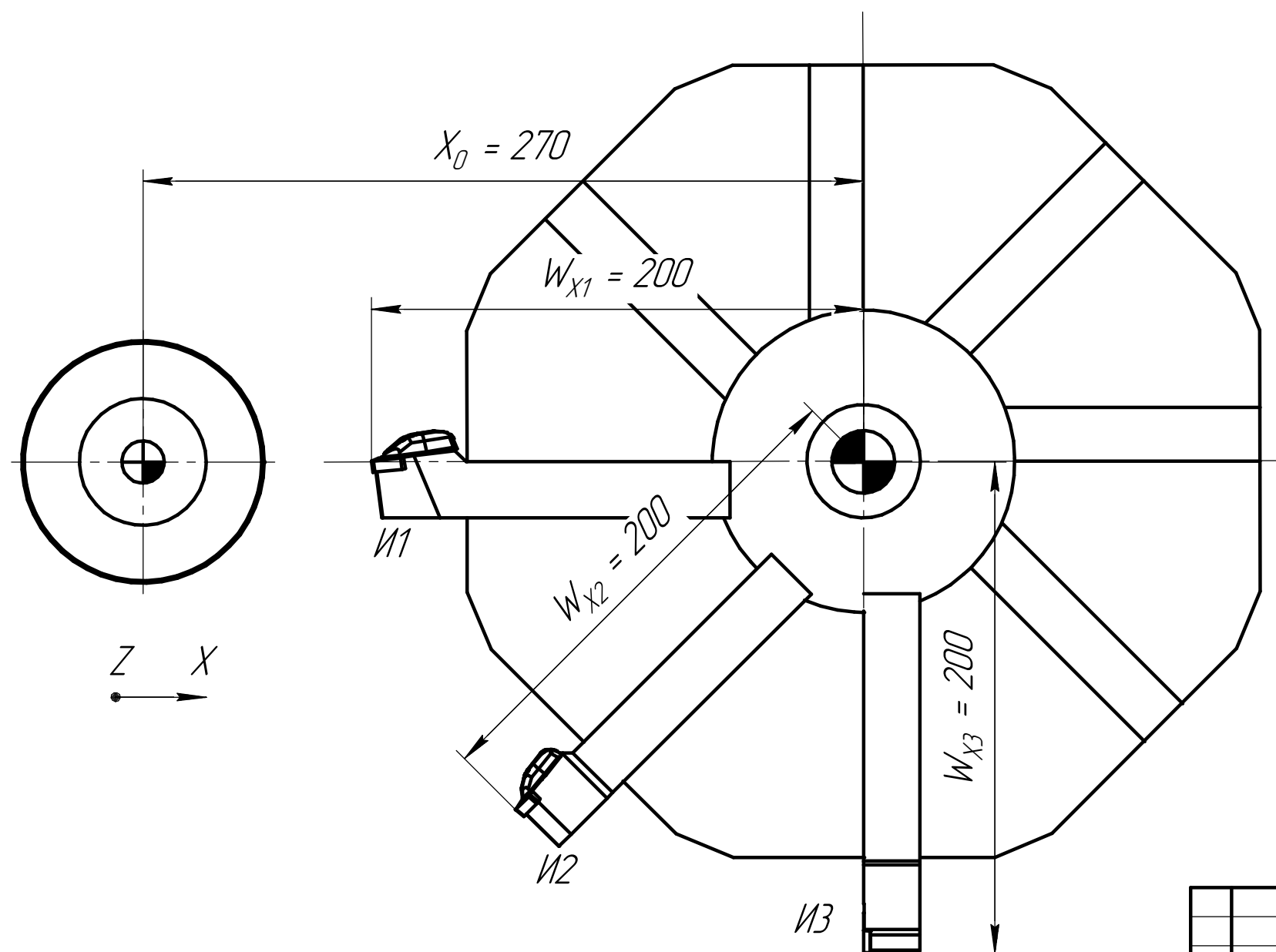
[illegible]

*KJ*

[illegible]

[illegible]

ΦΗΠΑ.6212100003



-  - Ноль станка
-  - Ноль детали
-  - Ноль приспособления

					ФЮРА.62121.000003				
					Карта наладки инструмента	Лит.		Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					1:1
Разраб.	Трифонов М.Ю.		17.04.2016						
Пров.	Козарь Д.М.								
Т.контр.						Лист		Листов 1	
Н.контр.					ТПУ ИК Группа 8Н21				
Утв.									

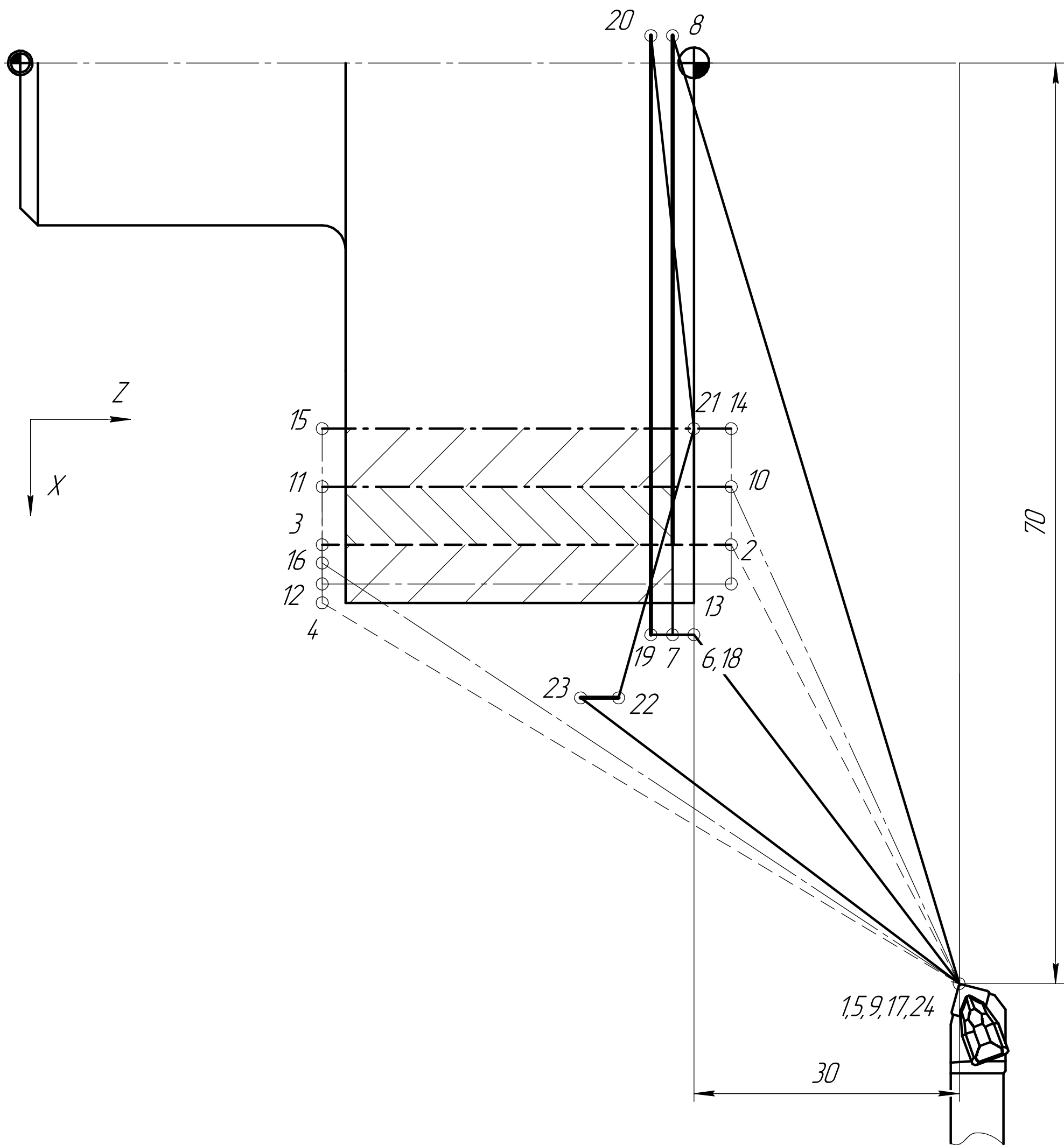
*Копировал*

Формат А3

ФЮРА.66121.00006

Перв. примен.	
Справ. №	

Подп. и дата	Инв. № дубл.	Инв. №	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.



Инструмент	N	Z	X	S мм/об
1	1-2	73	26,79	ускоренная
	2-3	34	26,79	0,7
	3-4	34	26,79	ускоренная
	4-5	98	70	ускоренная
2	5-6	68	39	ускоренная
	6-7	67,79	39	ускоренная
	7-8	67,79	-1	0,5
	8-9	98	70	ускоренная
3	9-10	73	26,58	ускоренная
	10-11	34	26,58	0,25
	11-12	34	28,58	ускоренная
	12-13	73	28,58	ускоренная
	13-14	73	26,48	ускоренная
	14-15	34	26,48	0,05
	15-16	34	27,48	ускоренная
	16-17	98	70	ускоренная
2	17-18	68	39	ускоренная
	18-19	67,65	39	ускоренная
	19-20	67,67	-1	0,05
	20-21	70,65	36,48	ускоренная
	21-22	65,51	30,64	ускоренная
	22-23	64,01	30,64	0,05
	23-24	98	70	ускоренная

----- ПИ1У\*  
----- ПИ1Р\*\*  
----- ПИ2У  
----- ПИ2Р  
----- ПИ3У  
----- ПИ3Р

\* - Перемещения инструмента X ускоренные;  
\*\* - Перемещения инструмента X рабочие.

⊕ - Ноль станка  
⊕ - Ноль детали

					ФЮРА.66121.00006				
					Расчетно-технологическая карта	Лит.	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				1:1	
Разраб.		Трифонов М.Ю.							
Пров.		Козарь Л.М.							
Т.контр.						Лист	Листов	1	
Н.контр.									
Утв.									

Копировал

Формат А2